

**PRÄDIKTOREN FÜR DAS KLINISCHE OUTCOME NACH
MIKROCHIRURGISCHER OPERATION LUMBALER BANDSCHEIBENVORFÄLLE
- EINE RETROSPEKTIVANALYSE AN 490 PATIENTEN -**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Teresa Stegemann
geboren am 30.08.1987 in Berlin

Gutachter

1. Prof. Dr. med. R. Kalff, Universitätsklinikum Jena
2. Prof. Dr. med. U. Settmacher, Universitätsklinikum Jena
3. Prof. Dr. med. V. Tronnier, Universität zu Lübeck

Tag der öffentlichen Verteidigung: 17.02.2015

Meinen Eltern

Abkürzungsverzeichnis

Abb. Abbildung

bds. beidseits

CT Computertomographie

FDZ Femoralisdehnungszeichen

LWS Lendenwirbelsäule

M. Musculus

Mg Milligramm

MRT Magnetresonanztomographie

N. Nervus

NSAR Nicht steroidale Antirheumatika/Antiphlogistika

OIE Obere interlaminäre Ecke

PDKS Postdiskektomiesyndrom

PLIF Posteriore lumbale interbody fusion

Tab. Tabelle

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung	4
2.1 Anatomie und Pathophysiologie	4
2.2 Historie	6
2.3 Epidemiologie	7
2.4 Symptomatik	8
2.5 Diagnostik	12
2.6 Therapie	15
2.6.1 Konservative Therapie	15
2.6.2 Operative Therapie	17
2.6.2.1 Absolute Operationsindikation	18
2.6.2.2 Relative Operationsindikation	18
2.6.2.3 Kontraindikation für die Operation	18
2.6.2.4 Mikrochirurgie vs. Makrochirurgie	18
2.6.2.5 Mikrochirurgische Operation	19
2.6.2.6 Alternative Operationen	22
3 Ziele der Arbeit	24
4 Patientengut und Methodik	25
5 Ergebnisse	28
5.1 Demografische Daten	28
5.1.1 Alter	28
5.1.2 Geschlecht	33
5.1.3 Komorbidität	35

5.2 Präoperative klinische Symptomatik und Diagnostik	36
5.3 Vorgeschichte	46
5.4 Befund	51
5.5 Operation	55
5.6 Postoperativer Verlauf	64
5.7 Postdiskektomiesyndrom	76
6 Diskussion	82
6.1 Demografische Daten	82
6.1.1 Alter	82
6.1.2 Geschlecht	85
6.1.3 Komorbidität	86
6.2 Präoperative klinische Symptomatik und Diagnostik	87
6.3 Vorgeschichte	92
6.4 Befund	96
6.5 Operation	99
6.6 Postoperativer Verlauf	103
6.7 Postdiskektomiesyndrom	108
7 Schlussfolgerungen	113
8 Literaturverzeichnis	115
9 Anhang	129
9.1 Danksagung	129
9.2 Ehrenwörtliche Erklärung	130

1 ZUSAMMENFASSUNG

Degenerative Wirbelsäulenveränderungen sind altersabhängig bei einem Großteil der Bevölkerung unseres Zivilisationskreises zu finden und verlaufen meist asymptomatisch, sodass sie keine therapeutische Intervention einfordern. Manifestieren sie sich jedoch mitunter in Form eines Bandscheibenvorfalles, der aufgrund entsprechender Beschwerden eine therapeutische Notwendigkeit darstellt, erhalten diese Veränderungen eine enorme sozioökonomische Bedeutung. Der therapeutische Erfolg steht somit im Interesse des einzelnen Patienten als auch der Institutionen, die Arbeitsausfall und erhöhte Berentungsraten kompensieren, da Rückenschmerzen und damit auch Bandscheibenvorfälle deren häufigste Ursache sind. Die mikrochirurgische Dekompression hat sich bei der operativen Therapie des Bandscheibenvorfalles weitgehend als Goldstandard etabliert und wird nur in Ausnahmefällen durch alternative Behandlungsmethoden ersetzt. Somit stellt sich im klinischen Alltag nicht die Frage, welche Operationsmethode gewählt, sondern vielmehr welcher Patient zu welchem Zeitpunkt einer operativen Therapie zugeführt werden sollte.

Diese Arbeit setzte sich die Deskription der Patienten zum Ziel, die in der Zeit von 2007 bis 2009 in der Klinik für Neurochirurgie des Universitätsklinikums Jena an einem lumbalen Bandscheibenvorfall operiert wurden, um anhand der gewonnenen Kenntnisse Prädiktoren für das postoperative Outcome zu formulieren. Dazu wurden 490 Patienten mit einer Altersspanne von 18 bis 92 Jahren und einem mittleren Alter von 50 Jahren rekrutiert, wobei 276 männlich (56%) und 214 weiblich (44%) waren. Der typische Altersgipfel in der vierten und fünften Lebensdekade ist auf altersabhängige biomechanische Veränderungen im betroffenen Segment zurückzuführen. Eine lumbale Diskushernie präsentierte sich mit insgesamt 82% am häufigsten in den Segmenten LWK 4/5 und LWK 5/SWK 1, mit 80% in der diskalen und infradiskalen Ebene und mit 93,5% als intrakanalikulär in der medialen und paramedialen Zone. Dabei stellte sich die obere Lendenwirbelsäule als eine Domäne der älteren Patienten heraus. Das Patientengut wies zu 31% relative Begleiterkrankungen, zu 12,5% Zeichen einer progredienten Wirbelsäulendegeneration und zu 9,6% Voroperationen auf. Die präoperative klinische Symptomatik war zu 99% geprägt von radikulären Schmerzen, zu 59,6% von motorischen Defiziten, zu 71,8% von Gefühlsstörungen, zu 50,4% von einem positiven Test nach Lasègue und zu 41% von Reflexausfällen. Je mehr Symptome das präoperative Beschwerdebild prägten, desto erfolgreicher gestaltete sich deren postoperative Rückbildung. Bei allen Patienten wurde die Diagnose anhand einer Kernspintomographie oder Computertomographie bestätigt. Lediglich 42% der Patienten erhielten zur Objektivierung des Befundes eine zusätzliche elektrophysiologische Untersuchung, die

mehrheitlich pathologisch ausfiel. Neben klinischer und apparativer Untersuchung nimmt die Anamnese eine herausragende Bedeutung zur Evaluation der Operationsnotwendigkeit sowie der postoperativen Prognose ein. Die mittlere Beschwerdezeit betrug ein bis drei Monate, wobei in 64,7% der Fälle der Operation ein konservativer Therapieversuch vorausging. Die Bandscheibenoperation, welche eine durchschnittliche Dauer von 74 Minuten aufwies, erfolgte zu 94,3% in Form einer Nucleo- und Sequestrektomie und lediglich in 5,7% der Fälle als Sequestrektomie. Als Besonderheit der Operation wurde bei 10,8% eine epidurale Fettplastik, bei 7,3% eine Hemilaminektomie und bei 3,7% eine Duraplastik aufgrund einer accidentellen Durotomie durchgeführt. Eine Hemilaminektomie war aufgrund besonderer anatomischer Verhältnisse mehrheitlich bei diskaler und supradiskaler Sequesterlage in den oberen lumbalen Segmenten vonnöten. Die intra- und postoperative Komplikationsrate betrug jeweils 3,9% und 3%.

Die Dokumentation und Bewertung des postoperativen Verlaufes lieferte einen Hinweis auf die weitere Heilungstendenz der jeweils präsentierten Symptome. Dabei wurden im Rahmen der ambulanten Wiedervorstellungen nach sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und einem Jahr die Parameter Lumboischialgie, Parese, Hypästhesie, Reflexstatus, Zeichen nach Lasègue, lokaler Rückenschmerz, Narbenbildung und das Ergebnis eventuell durchgeführter elektrophysiologischer Untersuchungen erfasst. Die Wiedervorstellungsrate nahm dabei stetig ab, garantierte jedoch nach einem Jahr noch einen Informationsgewinn zu 50% der Fälle. Allgemeine Rückbildungsraten von 80 - 98% können als hervorragendes postoperatives Ergebnis gewertet werden. Als schlechte Resultate werden die unzureichende Rückbildung präoperativ bestandener Symptome als auch das Eintreten eines Postdiskektomiesyndroms mit eventueller Revisionsnotwendigkeit gewertet. Bei 13,3% der Patienten kam es zu dessen klinischer Manifestation, wobei mehrheitlich ein Rezidiv derselben Stelle als Ursache vorlag. In geringerer Anzahl fand sich darüber hinaus ein Rezidiv der anderen Seite oder anderen Höhe, eine epidurale Fibrose, eine Spinalkanalstenose, eine Osteochondrose oder eine Mikroinstabilität. Die Therapie dessen erfolgte zu 26,2% rein konservativ und zu jeweils 36,9 % mit Hilfe einer erneuten Nucleo- und Sequestrektomie oder Spondylodese, woraus sich eine Revisionsrate von 9,8% ergab. Da für die Resultate präoperativer apparativer Untersuchungen kein Vorhersagewert hinsichtlich des operativen Resultates ermittelt werden konnte und diese lediglich einen Hinweis für das Ausmaß der nervalen Kompression liefern, sollten sie stets im Kontext des klinischen Befundes zur Klärung der Operationsindikation herangezogen werden.

Die anhand der gewonnenen Daten ermittelten Prädiktoren, welche sich nachteilig auf das postoperative Outcome auswirken, sind ein erhöhtes Alter, Komorbidität, eine Beschwerdezeit und konservative Zeit länger als drei Monate, Voroperationen, eine progrediente Wirbelsäulendegeneration sowie eine intraoperative Durotomie oder Hemilaminektomie. Der Entscheid zur operativen Intervention stellte sich als Gratwanderung heraus, deren Ausgang durch einen Komplex von patienten- und operationsspezifischen Faktoren determiniert ist. Eine mikrochirurgische Dekompression sollte einerseits nicht zu früh erfolgen, um konservativen Therapiemaßnahmen die Chance einer Befundbesserung einzuräumen sowie das Risiko postoperativer Komplikationen, unbefriedigender Resultate und eines Postdiskektomiesyndroms nicht unnötig einzugehen. Andererseits sollte die Operation nicht zu spät durchgeführt werden, um keinen irreversiblen Nervenschaden und damit den Verlust des neuralen Heilungspotentials zu provozieren. Mit Hilfe der dargestellten Prädiktoren, welche die aktuelle Studienlage widerspiegeln, kann ein individuelles Chancen-Risiko-Verhältnis erstellt werden, welches Nutzen und Notwendigkeit der lumbalen Bandscheibenoperation evaluiert und den Entscheidungsprozess in ein patientenindividualisiertes Konstrukt integriert mit dem Ziel der Optimierung des postoperativen Outcome nach mikrochirurgischer Operation lumbaler Bandscheibenvorfälle.

2 EINLEITUNG

2.1 Anatomie und Pathophysiologie

Anatomie

Die Wirbelsäule besitzt als Teil des menschlichen Stütz- und Bewegungsapparates eine besondere Funktion. Sie dient der biomechanischen Kommunikation von Kopf, Rumpf und Extremitäten und schützt das Rückenmark sowie die abgehenden Spinalnerven (Wottke 2004, Siewert 2006).

Die typische Krümmung stellt eine evolutionsbedingte Anpassung an den bipeden aufrechten Gang des Menschen dar und stellt besonderen Anspruch an jedes einzelne Bewegungssegment (Krämer 2004). Ein solches besteht aus Bandscheibe, angrenzenden Wirbelkörpern, Bandapparat und Facettengelenken (Junghanns 1951). Die Wirbelkörper sind im Bereich der Lendenwirbelsäule aufgrund starker statischer Belastungen größer angelegt (Hosten und Liebig 2007). Um die nach kaudal immer stärker einwirkende Last im Sinne einer Stoßdämpferfunktion aufzunehmen, sind auch die Bandscheiben dicker und verlieren im Laufe des Tages relativ mehr an Höhe als in kranialen Segmenten (Brinckmann et al. 2000, Weyreuther et al. 2006). Diese bestehen einerseits aus dem Anulus fibrosus, dessen Außenzone aus konzentrischen Typ-I-Kollagenfasern in die Längsbänder der Wirbelsäule und die Randleisten der benachbarten Wirbelkörper inseriert (Krämer et al. 2005b). Dessen Innenzone hingegen besteht aus faserknorpeligen Typ-II-Kollagenfasern, die in die angrenzenden hyalinknorpeligen Deckplatten einstrahlen (Krämer 2004, Schünke 2005). Der Aufbau aus stabilitätssicherndem Anulus fibrosus und wasserabgebendem Nucleus pulposus gewährleistet eine Anpassung an kurzfristige Belastungen des Achsenorgans.

In enger Beziehung zum Intervertebralraum ziehen austretende Nervenwurzeln aus dem Spinalkanal jeweils unter dem gleichnamigen Pedikel durch den kranial-lateralen Teil des Foramen intervertebrale hindurch. Die Verlaufsrichtung hängt dabei von der Segmenthöhe ab. Weiter kaudal austretende Wurzeln zeigen dabei einen spitzwinkligen Abgang aus dem Duralsack (Bose und Balasubramaniam 1984, Jerosch und Steinleitner 2009). Eine Bandscheibe steht dabei wiederum in Beziehung zu verschiedenen Nervenwurzeln. So befinden sich auf diskaler Ebene lateral austretende und paramedial traversierende Wurzeln (Krämer et al. 2005a).

Pathophysiologie

Die multifunktionale Belastbarkeit der Wirbelsäule und ihrer einzelnen Segmente schlägt ab einer gewissen Dauer und Intensität der Belastung allerdings in eine Dekompensation um. Als Risikofaktoren, die diesen degenerativen Prozess beschleunigen, gelten hereditäre Bindegewebsschwäche, Übergewicht und einseitige körperliche Belastung (Hacke 2010).

Da Bandscheiben aus bradytrophem nichtvaskularisiertem Gewebe bestehen, unterliegen sie einer vorzeitigen Alterung, die zusammen mit einer vermehrten Belastung der Lendenwirbelsäule in einer zunächst alterstypischen Bandscheibendegeneration mündet (Weyreuther et al. 2006). Die degenerative Bandscheibenveränderung ist gekennzeichnet durch Rissbildung des Anulus fibrosus und eine erhöhte intradiskale Mobilität des Nucleus pulposus, wobei genetische Disposition eine wichtige Rolle spielt (Krämer et al. 2005b). In den Bandscheiben führen Abnahme von Wassergehalt und Turgor zu einer Größenabnahme, was das gesamte Bewegungssegment einschließlich der Facettengelenke zusammensintern lässt (Hepp et al. 2004, Schünke et al. 2005) und dort infolge vermehrter Kompression der Gelenkflächen über sensorische und propriozeptive Strukturen zu einer gravierenden Veränderung der Wirbelsäulenstatik mit konsekutiver muskulärer Dysbalance führt (Breitenfelder und Haaker 2003). Als Reaktion auf diesen Stabilitätsverlust und eine vermehrte dorsale Belastung kommt es zu Osteochondrose und Spondylarthrose meist in mehreren Segmenten (Weyreuther et al. 2006). Eine positive Bildgebung impliziert dabei nicht automatisch auch ein positives Beschwerdebild. Diese degenerativen Prozesse sind im Alter typisch, können im Falle eines gleichzeitigen degenerativ bedingten Widerstandsverlustes des Anulus fibrosus durch Rissbildungen jedoch in einer Protrusion der Bandscheibe münden. So sind degenerativ veränderte Bandscheiben primär nicht schmerzhaft, erst deren Auswirkungen auf das Bewegungssegment mit folgender Alteration nozizeptiv versorgter Strukturen wie subchondraler Knochen und Gelenkkapseln sorgen für die klinische Manifestation dieses Prozesses (Schiltenswolf und Hennigsen 2006, Eckardt 2011). Die degenerative Alteration der Bandscheiben kann durch spezielle mechanische Belastungen wie Rotation und Seitneigung schneller in einem Vorfall münden, die Voraussetzung hierbei ist jedoch immer eine vorgeschädigte Bandscheibe (Brinckmann et al. 2000). Aufgrund der meist posterioren Lage des Nucleus innerhalb des Anulus und der medialen Verstärkung durch das hintere Längsband tritt die Bandscheibe mehrheitlich in der paramedialen Zone aus, um dort traversierende Wurzeln zu komprimieren (Krämer 2004). Weitaus seltener sind mediale Bandscheibenvorfälle mit konsekutivem Cauda-equina-Syndrom (Jaschke et al. 1997, Hacke 2010). Dabei hat man sich im deutschsprachigen Raum über die Begriffe

„Protrusion“ für Bandscheibenvorwölbung und „Prolaps“ für Bandscheibenvorfall geeignet. Solange sich der Anulus fibrosus noch als intakt darstellt und vom Nucleus lediglich mitsamt der epiduralen Membran vorgewölbt wird, spricht man von einer Protrusion. Sobald der Anulus durchbrochen ist, liegt ein Prolaps vor. Dieser kann entweder subligamentär vorliegen oder das entsprechende Ligament perforiert haben. Bei einem freien Sequester besteht darüber hinaus keine Verbindung des prolabierte Gewebes zur Donorbandscheibe mehr. Entsprechend dieser Einteilung untergliedert sich auch die Therapie in intradiskale, perkutane oder offene Verfahren (Krämer et al. 2005a).

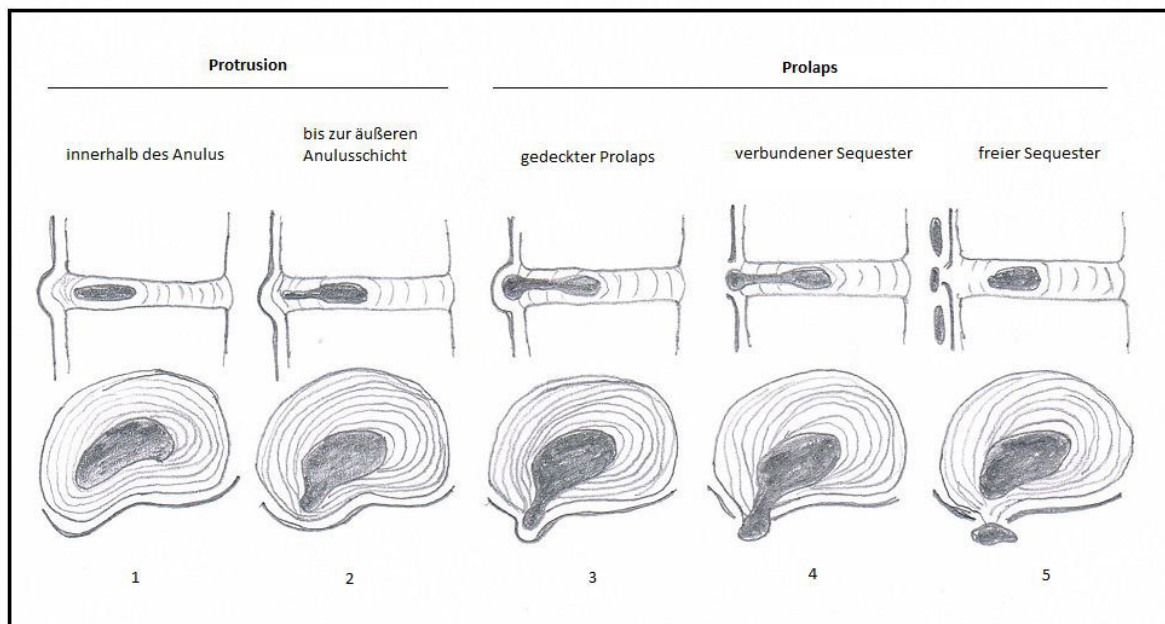


Abb. 1: Dislokationsgrade 1-5 in Anlehnung an Krämer, R.; Herdmann, J.; Krämer, J.: Mikrochirurgie der Wirbelsäule. Lumbaler Bandscheibenvorfall und Spinalkanalsteose: Indikation, Technik, Nachbehandlung, Stuttgart 2005a, S. 11.

2.2 Historie

Schon vor der Etablierung der lumbalen Bandscheibenchirurgie im 20. Jahrhundert stellte das durch Bandscheibendegeneration verursachte Leiden und dessen Therapie seit jeher einen wichtigen Aspekt medizinischer Forschung und Entwicklung dar (Breitenfelder und Haaker 2003).

Der schon in der Antike als „Ischias“ beschriebene Rücken- und Beinschmerz wurde mit Hilfe unterschiedlicher Methoden behandelt. So erhielten „Ischiasskoliotiker“ unter Hippokrates konservative Maßnahmen mit Umschlägen und Heilbädern als auch manualtherapeutische Anwendungen, welche im Mittelalter trotz wachsender anatomischer Kenntnisse weitgehend beibehalten wurden (Hermes, Focus Mul, 3/2007).

Erst im 19. Jahrhundert begann sich die Chirurgie in der Therapie des Bandscheibenleidens zu etablieren, wobei die zu Grunde liegende Pathologie in den peripheren Nerven vermutet und diese 1872 von Nußbaum durch „blutige Dehnung“ als auch von Renton und Stoffel in Form einer „Adhäsiolyse“ und „Neurexhairese“ operiert wurden. Neben den Nerven selbst wurde oberflächlichen Strukturen des Muskel- und Bandapparates ein Beitrag an der Schmerzentstehung zugesprochen und mit der „posterioren Fasziotomie“ gespalten (Hermes, Focus Mul, 3/2007).

Der Bandscheibenvorfall als Substrat der Ischialgie rückte Ende des 19. Jahrhunderts als zufällige intraoperative Pathomorphologie in das Blickfeld der Chirurgen. 1857 rapportierte Rudolph Virchow über einen autopsisch diagnostizierten „Wirbelscheibenbruch“. Zunächst als „Chondrom“ fehlgedeutet, entdeckte Dandy 1929 die Beziehung des intraoperativ gewonnenen Tumors zum Zwischenwirbelraum und bezeichnete diesen in Anlehnung an knieorthopädische Befunde als „traumatische Gelenkmaus“ (Hermes, Focus Mul, 3/2007, Reichel et al. 2000). Mixter und Barr ergänzten 1934 diese Erkenntnisse durch autopsische Untersuchungen von Operationspräparaten und bezeichneten die Befunde ätiologisch korrekt als „Bandscheibenruptur“ (Mixter und Barr 1934).

Während die Exstirpation anfangs noch über einen relativ breiten extraduralen Zugang erfolgte, stellten Love und Semmes 1938 die modifizierte Laminektomie mit interlaminärer Fensterung vor und schafften damit die Grundlage der minimalinvasiven Bandscheibenchirurgie (Love 1939). Anhaltende technische Entwicklungen wie der Einsatz des Operationsmikroskops oder optimierter Lichtquellen als auch weitere anatomische Kenntnisse des Wirbelsäulensegmentes ermöglichten den Übergang von groß angelegten Übersicht verschaffenden Zugängen hin zu einer „Knopflochchirurgie“ mit minimalinvasivem Zugang zum prolabierte Bandscheibengewebe (Krämer et al. 2005a, Breitenfelder und Haaker 2003). Nicht zuletzt ließ auch die verbesserte Bildgebung mit CT und MRT seit den siebziger Jahren eine zielgenaue Planung und Durchführung von mikrochirurgischen Bandscheibenoperationen unter maximaler Schonung umliegender Strukturen zu.

2.3 Epidemiologie

Rückenbeschwerden haben eine Lebenszeitprävalenz von 80% und sind somit eines der häufigsten Schmerzsyndrome (Anderson 1999, Wottke 2004). Als häufigste Ursache für Arbeitsunfähigkeit und frühzeitige Berentung stellen sie einen bedeutsamen sozioökonomischen Faktor dar (Reichel et al. 2000, Breitenfelder und Haaker 2003, Schiltenswolf und Hennigsen 2006, Hacke 2010). Die Kosten betrugen dabei in Deutschland im Jahr 2005 etwa 49 Milliarden Euro, was 2,2 % des Bruttosozialproduktes

entspricht (Schmidt et al. 2007, Eckardt 2011). Ein Drittel der Patienten mit Rückenbeschwerden leidet unter Ischialgien, welchen wiederum mehrheitlich ein Bandscheibenvorfall zu Grunde liegt (Mumenthaler und Mattle 2006, Siewert 2006). Die Inzidenz von 150/100.000 nimmt mit dem Alter zu und erreicht in der vierten bis fünften Lebensdekade einen Höhepunkt (Klingelhöfer 2003). Bei 30% der gesunden Patienten unter 60 Jahren finden sich bildmorphologisch lumbale Diskushernien, unter den Übersechzigjährigen finden sich diese sogar zu 60% (Jensen et al. 1994). Letztlich werden 15% der Patienten mit diagnostiziertem Bandscheibenvorfall operiert (Reichel et al. 2000). Die Inzidenz der operativen Therapie von Bandscheibenvorfällen in Deutschland beträgt 64/100.000 (Kast et al. 2000).

Degenerative Wirbelsäulenerkrankungen beginnen bereits im mittleren Alter, auch junge Patienten weisen eine entsprechende Symptomatik auf. Über 90% der lumbalen Diskushernien sind in den Segmenten L4/5 und L5/S1 lokalisiert, wobei zum größten Anteil mediolaterale Sequester einzelne Nervenwurzeln und in seltenen Fällen mediale Vorfälle die Cauda equina komprimieren. Männer sind häufiger betroffen als Frauen (Wilkins und Rengachary 1994).

2.4 Symptomatik

Die Anamnese und klinische Untersuchung des Patienten besitzt im Hinblick auf die Diagnose, Indikationsstellung zur Operation als auch für die Entscheidung, an welcher Stelle dekomprimiert werden soll, eine überaus große Bedeutung. So ist es wichtig den genauen zeitlichen Verlauf der Symptome und deren Intensität zu eruieren (Krämer et al. 2005a, Schiltenswolf und Hennigsen 2006, Weyreuther et al. 2006).

Lumboischialgie

In der Mehrzahl lumbaler Bandscheibenvorfälle existieren in der Anamnese rezidivierende Lumboischialgien. Oft äußert sich die degenerative Bandscheibenveränderung in Form einer akuten Lumbago, auch „Hexenschuss“ genannt (Hepp und Debrunner 2004, Siewert 2006). Diese beruht auf einer akuten, aber rückbildungsfähigen Protrusion des Nucleus pulposus nach posterior mit Druck auf das hintere Längsband und kann nach plötzlicher rotatorischer und axialer Belastung der Bandscheibe oder ohne einen nachvollziehbaren Anlass entstehen. Da in den Bandstrukturen als auch den dorsalen Anteilen das Anulus fibrosus selbst Nozizeptoren existieren, kommt es zu lokalen Schmerzen im Lumbalbereich mit konsekutiver Ausweichskoliose, eingeschränkter Anteflexion (Hacke 2010) und paravertebralem Hartspann im Sinne eines Blockierungsreflexes (Niethard et al. 2009).

Bilden sich in Folge wiederholter einseitiger Belastung oder genereller Degeneration Risse im Anulus, prolapiert das Bandscheibengewebe in den Epiduralraum, um durch Kompression der Nervenwurzeln im Duralsack oder Neuroforamen eine radikuläre Symptomatik auszulösen. Diese Ischialgie projiziert sich auf das entsprechende Dermatom der betroffenen Nervenwurzeln und geht meist mit Parästhesien, Hypästhesien und bei anhaltender nervaler Kompression auch mit Hyp- oder gar Analgesien einher. Dieses fortgeschrittene Stadium der Wurzelreizung wird gern als „Wurzeltod“ bezeichnet und gilt als Alarmzeichen, wenn ein stark schmerzgeplagter Patient über plötzliches Nachlassen der Beschwerden und gegebenenfalls aggravierende Paresen berichtet (Henne-Bruns et al. 2007). Bei medialer Prolapslage werden die Schmerzen durch Husten, Niesen oder Bauchpresse in Folge spinaler Druckerhöhung verstärkt (Schirmer 2005). Der Schmerz unterliegt dabei einem örtlichen und zeitlichen Wandel. Der akute Schmerz entwickelt sich so von einer Lumbago zu einer allmählich von proximal nach distal wandernden Lumboischialgie. Eine Schmerzurückbildung kann sich wiederum von der Peripherie in die Sakralgegend im Sinne einer „Schmerzzentralisation“ vollziehen. Die Migration des Sequesters kann durch Kompression verschiedener Nervenfaserteile ein Nachlassen oder Verlagern des Schmerzes bewirken (Krämer et al. 2005a, Eckardt 2011).

Da ausgestoßene Bandscheibenanteile vom körpereigenen Immunsystem als fremd erkannt werden, kommt zu einer mechanischen Irritation noch eine biochemisch induzierte hinzu, welche gerade in den ersten Tagen zu unerträglichen Schmerzen führen kann, dann jedoch kontinuierlich abnimmt. Die ödematös aufgequollene und durch Ischämie bedrohte Nervenwurzel wird derart gereizt, dass es anfangs zu neurologischen Defiziten und Schmerzen durch neuronale Übererregbarkeit kommt und später ektopische Impulse zu nozizeptiver Sensitivierung und chronischem Schmerz führen (Jankovic 2008, Jerosch und Steinleitner 2009).

Motorische Defizite

Bei zunehmender Wurzelkompression kann es darüber hinaus zu Paresen der unteren Extremität kommen, die so diskret sein können, dass sie vom Patienten selbst nicht bemerkt werden. Am häufigsten fallen Probleme beim Treppensteigen durch eine Quadricepparese oder Stolpern in Folge einer Peroneusparese ins Gewicht. Klinisch relevante Paresen sind am besten im Einbeinstand (Trendelenburg-Zeichen), Fußspitzenstand und Fersenstand beurteilbar (Siewert 2006). Patienten mit länger bestehenden Paresen können sichtbare Muskelatrophien aufweisen, so am besten beurteilbar an Gesäß-, Oberschenkel- und Wadenmuskulatur. Die Tabelle 1 zeigt die

Einteilung der Kraftgrade in fünf Kategorien und eignet sich zur differenzierten Beurteilung der Parese. Aufgrund der polysegmentalen Innervation findet man meist Paresen mit einem Kraftgrad von 2-4. Dennoch können dank der Prädominanz der Segmente in der Innervation einzelner Muskeln, Kennmuskeln der jeweiligen Segmente identifiziert werden und anhand der betroffenen Muskeln auf die komprimierte Wurzel geschlossen werden (Krämer et al. 2005a).

Kraftgrad	Muskelkraft
5	Bewegung gegen Schwerkraft und vollen Widerstand
4	Bewegung gegen Schwerkraft und leichten Widerstand
3	Bewegung gegen Schwerkraft
2	Bewegung unter Ausschaltung der Schwerkraft
1	Leichte Muskelkontraktionen ohne Bewegung
0	Plegie

Tab. 1: Kraftgrade in Anlehnung an Seiderer-Nack, J.; Sternfeld, A.; Christ, F. (Hg.): Anamnese und körperliche Untersuchung, 2. Aufl., München 2008, S. 217.

Zeichen nach Lasègue

Des Weiteren kann der Test nach Lasègue Aufschluss über die Größe als auch den Reizzustand der Wurzel geben. Dabei wird das gestreckte Bein zunehmend in der Hüfte gebeugt und der Winkel, bei dem ischialgiforme Beschwerden im betroffenen Gebiet ausgelöst werden als auch der, bei dem durch eine reaktive Muskelanspannung die Hüfte der Bewegung folgt, dokumentiert (Siewert 2006). Diese modifizierte Form hat sich gegen den ursprünglichen Test durchgesetzt, welcher die rechtwinklige Beugung in der Hüfte mit anschließender Streckung im Kniegelenk vorsieht. In beiden Fällen kommt es zu einer Dehnung der Dura, der Spinalnerven L4, L5, S1 sowie des N. ischiadicus. Kommt es bei zusätzlicher Dorsalflexion des Fußes zu einer Schmerzverstärkung, ist das Bragardzeichen positiv (Reichel et al. 2000). Bahr und Mæhlum 2004 beschränken ein positives Ergebnis des Testes nach Lasègue auf die Auslösbarkeit von bis zu 45°. Werden Schmerzen erst bei einem größeren Winkel angegeben, handelt es sich um verspannungsinduzierte Beugeschmerzen der Rücken- und Beinmuskulatur. Wird der Schmerz bei Anheben des gesunden Beines provoziert, spricht man von kontralateralem oder gekreuztem Lasègue. Die Schmerzhaftigkeit im Verlauf des N.ischiadicus kann am dorsalen Oberschenkel anhand der Valleix-Punkte bestätigt werden (Klingelhöfer und Rentrop 2003). Während der Test nach Lasègue bei Reizung der Nervenwurzeln L4, L5, S1 positiv ist, zeigt das Femoralisdehnungszeichen, auch umgekehrter Lasègue genannt,

bei Dorsalstreckung des Beines in Bauchlage eine Affektion der Wurzeln L3 und L4 an (Keller et al. 2007).

Reflexstatus

Die Läsion der sensiblen Nervenwurzelfasern verursacht neben den bereits aufgeführten sensiblen Defiziten auch einen frühzeitigen Ausfall oder eine Abschwächung der Eigenreflexe, da der Reflexbogen unterbrochen ist. Diese Kennreflexe sind der Adduktorenreflex für die Wurzel L3, der Patellarsehnenreflex für die Wurzel L3 und L4 und der Achillessehnenreflex für die Wurzel S1. Ein L5-Syndrom kann sich unter Umständen in einem pathologischen Tibialis-posterior-Reflex manifestieren, welcher allerdings nur im Seitvergleich verwertbar ist (Seiderer-Nack et al. 2008).

Lumbale radikuläre Syndrome

Somit kann die Kompression jeder einzelnen Nervenwurzel eine spezifische Klinik hervorrufen.

Die L3-Radikulopathie präsentiert sich mit einer Iliopsoas-, Quadriceps- und Adduktionsparese, einem pathologischen Adduktoren- und Patellarsehnenreflex, als auch einer Schmerzausstrahlung bis zum Knie. Der Verdacht auf eine Gonarthrose kann dabei die diskoide Ursache des Schmerzes maskieren.

Beim L4-Syndrom dominiert hinsichtlich des motorischen Defizites die Quadricepparese über eine Fußheberparese. Mehrheitlich findet man einen Ausfall des Patellarsehnenreflexes. Der Schmerz strahlt von der Oberschenkelaußenseite bis in den medialen Unterschenkel ein.

Die L5-Radikulopathie ist gekennzeichnet durch eine Großzehenheber-, Fußheber-, Fußinversions- und Glutaeus-medius-Parese sowie durch eine Schmerzausstrahlung in die Unterschenkelaußenseite über den Fußrücken bis zur Großzehe. Ein einseitiger Ausfall des Tibialis-posterior-Reflexes gilt dabei als pathologisch.

Eine Schädigung der Nervenwurzel S1 äußert sich in einer Fußsenker- und Glutaeus-maximus-Parese. Auch hier kann das Trendelenburg-Zeichen positiv sein. Der Achillessehnenreflex ist abgeschwächt oder gar erloschen und der Schmerz zieht von der Unterschenkelrückseite bis in den lateralen Fußrand (Mumenthaler und Mattle 2006, Henne-Bruns et al. 2007).

Symptomatik in Abhängigkeit der Lage des Bandscheibenvorfalles

Während Bandscheibenvorfälle der paramedialen und lateralen Zone die einzelnen aufgeführten Radikulopathien verursachen, kommt es bei einem medialen Prolaps zur Kompression der Nervenwurzeln L2 bis S4 im Duralsack, dem sogenannten Cauda-equina-Syndrom. Dabei kann der Druck auf die Spinalnerven derart ausgeprägt sein, dass eine beidseitige Lumboischialgie rasch zu einer Reithosenanästhesie wird. Des Weiteren zeigen bilaterale progrediente Paresen als auch eine Störung der Blasen-Mastdarmfunktion mit gemindertem Sphinktertonus und Harnverhalt das Vorliegen eines Notfalles an (Klingelhöfer und Rentrop 2003). Diskushernien der lateralen Zone unterscheiden sich von denen der paramedialen und medialen Zone durch Beschränkung der Symptomatik entsprechend nur einer Nervenwurzel (Hosten und Liebig 2007), den hochakuten Beginn von häufiger vorhandener Ischialgie und Parese bei seltener vorhandener Lumbalgie (Benini und Steinsiepe 1991).

2.5 Diagnostik

Die größte Bedeutung hinsichtlich Diagnose und Operationsindikation beim lumbalen Bandscheibenvorfall haben Anamnese und klinische Untersuchung. Der größte Zugewinn durch moderne bildgebende Verfahren ist in der Lokalisation des zu operierenden Segmentes, dies allerdings auch nur im Konsens mit Anamnese und klinischem Befund, und in der differentialdiagnostischen Abgrenzung von weiteren spinalen Prozessen zu sehen (Schiltenswolf et al. 2006). Neben der Frage, ob einer radikulären Schmerzsymptomatik eine diskogene Nervenwurzelkompression zugrunde liegt, sollte man im Vorfeld auch anderen sofort therapiepflichtigen spinalen Pathologien wie einer Fraktur, Neoplasie oder Entzündung („red flags“) differentialdiagnostisch Beachtung schenken, um sie rasch einer gezielten Therapie zuführen zu können (Eckardt 2011).

Kernspintomographie

Wenn die Symptomatik des Patienten den Verdacht auf eine bandscheibenbedingte Radikulopathie entstehen lässt, kann mit Hilfe der Kernspintomographie eine fundierte Aussage zum Vorliegen eines Vorfalles als auch dessen Beziehung zur Donorbandscheibe gemacht werden. Neben der Sequesterdislokation kann der Reizzustand der Nervenwurzel aufgrund des hohen Weichteilkontrastes ohne die Notwendigkeit einer Kontrastmittelgabe beurteilt werden. Die Differenzierung des nicht vaskularisierten Sequesters gegenüber Tumoren oder Narben ist wiederum nach Kontrastmittelgabe möglich (Bundschuh et al. 1988, Hochhauser et al. 1988, Hamm et al. 1993, Jaschke et al. 1997, Haughton et al. 2002, Weyreuther et al. 2006).

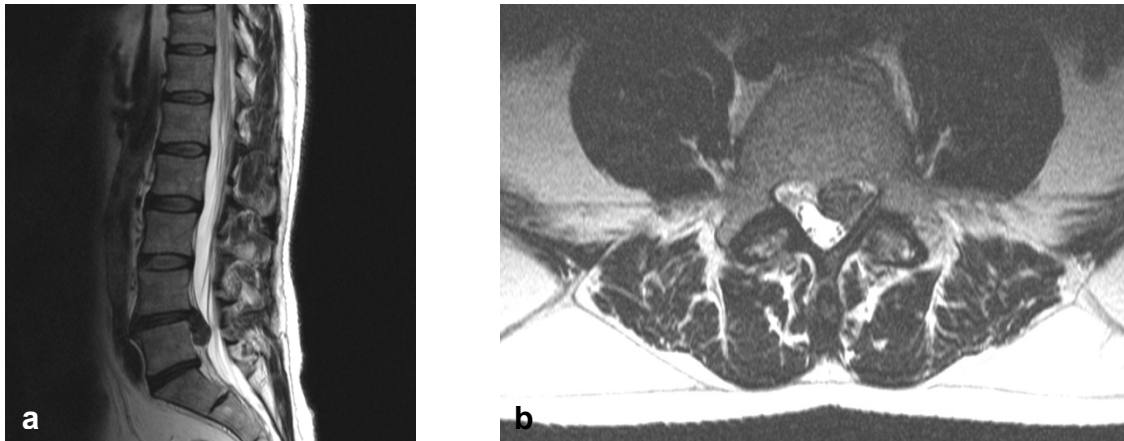


Abb. 2a, b: Kernspintomographische T2-gewichtete Darstellung eines großen subligamentären nach kaudal sequestrierten Bandscheibenvorfalles im Segment LWK4/5 links mit Kompression des Duralsackes und der Nervenwurzel sowie eines kleinen Bandscheibenvorfalles im Segment LWK 5/SWK 1 rechts in sagittaler (a) und axialer Ebene (b).

Computertomographie

Falls die Durchführung einer MRT seitens des Patienten nicht möglich ist, bietet sich die Computertomographie als gute kostengünstigere Alternative, die jedoch mit einer Strahlenbelastung für den Patienten und geringerer Auflösung im Vergleich zur MRT einhergeht. Falls im betroffenen Segment keine Pathologie abzubilden ist, sollte man die Bildgebung bis auf Höhe des Conus medullaris erweitern, um den gesamten Verlauf der geschädigten Nervenwurzel zu erfassen. Die gute Bildqualität zeigt sich in der Darstellung des Wirbelkanals, Duraschlauches, abgehender Wurzeln und insbesondere bei lateraler Sequesterdislokation (Wilkins und Rengachary 1994, Hosten und Liebig 2007).

Myelographie

Wenn CT und MRT ein zum klinischen Befund inkohärentes Bild liefern, bietet sich die Myelographie als weitere Möglichkeit der Darstellung der einzelnen Fasern der Cauda equina sowie deren intradurale Verdrängung. Besonders bei belastungsabhängigen Beschwerden wird sie als Funktionsmyelographie eingesetzt. Im Anschluss meist von einer Myelo-CT gefolgt, wird sie heute aufgrund der Invasivität nur selten bei speziellen Fragestellungen angewandt (Jaschke et al. 1997, Henne-Bruns et al. 2007).

Konventionelles Röntgen

Jeder Patient sollte vor einer Operation ebenfalls eine LWS-Röntgenübersichtsaufnahme in zwei Ebenen erhalten, um andere degenerative, entzündliche oder neoplastische Ursachen einer Radikulopathie auszuschließen. Bei Verdacht auf segmentale Instabilität

können Funktionsröntgenaufnahmen hinzugezogen werden. Des Weiteren dient der Nachweis von Übergangsstörungen des lumbosakralen Überganges der exakten Höhenlokalisation während der präoperativen Planung (Reichel et al. 2000, Krämer 2004, Siewert 2006).

Diskographie und probatorische Nervenwurzelinfiltration

Nicht immer ergibt sich eine klare Korrelation zwischen Beschwerden des Patienten und der Bildgebung. Gerade bei polysegmentalem Befall der Lendenwirbelsäule stellt sich die Identifikation der symptomverursachenden und somit auch operationswürdigen Bandscheibe als Herausforderung dar. Für diesen eher selteneren Fall gibt es die Möglichkeit der Diskographie. Hierbei kann nach Kontrastmittelinjektion in eine Bandscheibe über eine Volumenvermehrung und gesteigerten Druck auf die ohnehin schon gereizte Nervenwurzel die pathologische Bandscheibe identifiziert werden. Bei der probatorischen Nervenwurzelinfiltration wird hingegen durch Anspritzen der Wurzel mit einer kleinen Menge Lokalanästhetikum deren Schmerzsensation vorübergehend reduziert und diese somit als Ursache der Beschwerden erkannt (Krämer et al. 2005a, Klingelhöfer und Rentrop 2003).

Labor und Elektrophysiologie

Labor und neurophysiologische Untersuchungen haben lediglich hinsichtlich der Differentialdiagnostik einen Stellenwert. Letztere werden in speziellen Fällen zur Operationsindikation und Segmentlokalisation herangezogen. Die Elektrodiagnostik beinhaltet sensorisch und motorisch evozierte Potentiale, die Elektroneurographie mit Messung der Nervenleitgeschwindigkeit und die Elektromyographie. Eine valide Aussage über die betroffene Nervenwurzel als auch das Ausmaß des Nervenschadens hinsichtlich einer akuten oder chronischen Reizung kann letztlich mit sensibler Neurographie als auch anhand der Elektromyographie getroffen werden. Ein akutes Geschehen kann mit Hilfe der Elektromyographie allerdings frühestens zehn Tage nach Beginn der Nervenirritation und Wallerschen Degeneration ermittelt werden, und ist somit mehr für die Verlaufsbeobachtung als für die Frühdiagnose geeignet (Klingelhöfer und Rentrop 2003, Mumentahler und Mattle 2006, Schiltenswolf et al. 2006, Hacke 2010).

Differentialdiagnose

Obwohl der Großteil von Radikulopathien durch einen Bandscheibenvorfall hervorgerufen wird, sollte man dennoch andere Ursachen für eine nervale Alteration in Betracht ziehen. Dabei gilt es, insbesondere neoplastische Raumforderungen (Neurinom, Metastasen), entzündliche Prozesse (Lyme-Radikulitis, epiduraler Abszess, Guillain-Barré-Syndrom)

sowie diabetische Polyneuropathie auszuschließen, bevor man sich einer differenzierten Bandscheibendiagnostik zuwendet (Klingelhöfer und Rentrop 2003, Schirmer et al. 2005). Des Weiteren kann die Ursache pseudoradikulärer Natur sein wie bei einer Spondylolisthesis, Koxitis, Koxarthrose, Spondylarthrose oder Hypertrophie der Ligamenta flava (Hepp und Debrunner 2004, Nürnberger et al. 2006).

2.6 Therapie

Das Therapieregime des lumbalen Bandscheibenvorfalles steht seit Jahrzehnten im Dialog verschiedener Fachdisziplinen. So wurde eine Vielzahl klinischer Studien, Metaanalysen und systematischer Reviews veröffentlicht, die zum Teil gute Ergebnisse bezüglich einzelner Behandlungsverfahren liefern. Seit der Kenntnis des lumbalen Bandscheibenvorfalles als Ursache der Ischialgie nahm die Zahl an Operationen mit zunächst noch breitem Zugang rasant zu, bis man sich einer steigenden Anzahl von Fällen der „Failed back surgery“ konfrontiert sah (Breitenfelder und Haaker 2003). Die Euphorie des schnellen Operierens nahm wieder ab und es entwickelte sich auf der einen Seite mit Hilfe gereifter Technik die Mikrochirurgie, auf der anderen Seite eine Vielzahl von Methoden, die es sich zum Ziel setzten, prolabierte Bandscheibengewebe chemisch oder physikalisch unter Umgehen eines offenen Zuganges zu entfernen (Kotilainen 1994, Reichel et al. 2000, Jerosch und Steinleitner 2009).

2.6.1 Konservative Therapie

Falls der Patient nicht an einem Cauda-equina-Syndrom, akuten Paresen oder anhaltenden unerträglichen Schmerzen leidet, sollte der pathologischen Konstellation von Bandscheibe, Sequester und entzündetem umliegenden Gewebe die Chance gegeben werden, sich auf konservative Maßnahmen hin zurückzuziehen oder zumindest ein Stadium zu erreichen, das vom Beschwerdebild her für den Patienten dauerhaft tolerabel ist. Oft spielt auch der alleinige Faktor Zeit bei der Rückbildung des entzündlichen Wurzelödems in der akuten Phase eine große Rolle. Eine selbstständige Abnahme der Nervenwurzelkompression kann durch Resorption und Dehydratation des Bandscheibengewebes ermöglicht werden (Bush et al. 1992). Diese Zeit kann man dem Patienten mit lokal oder systemisch applizierten Analgetika und vielen anderen konservativen Maßnahmen erleichtern und so eventuell die Notwendigkeit einer Operation abwenden oder zumindest für ein paar Jahre hinauszögern. So sollte man Patienten mit Lumbago ausschließlich konservativ behandeln. Patienten mit beginnender radikulärer Symptomatik, mäßiger Lumboischialgie und länger bestehenden Paresen unwichtiger Muskeln lässt man zunächst einen konservativen, gegebenenfalls auch stationär intensivierten Therapieversuch von ein bis zwei Wochen unternehmen, auch bei

eindeutigem bildgebenden Befund (Krämer et al. 2005a, Hacke 2010). Die Regredienz von Schmerzen durch konservative Therapie sollte mindestens vier Wochen abgewartet werden (Nürnberger et al. 2006). Ziel der Schmerztherapie ist neben der Behandlung des akuten Schmerzes immer die Vermeidung oder frühzeitige Erkennung einer Schmerzchronifizierung (Schiltenswolf und Hennigsen 2006).

Medikamentöse Therapie

Mit NSAR wie Diclofenac bis 150 mg täglich für etwa zwei Wochen, Muskelrelaxantien wie Tetrazepam 25-200 mg täglich, Sedativa mit muskelrelaxierender Wirkung wie Diazepam 5-20 mg täglich, Myotonolytika wie Tizanidin bis 12 mg täglich und eventuell Neuroleptika wie Levomepromazin 25-200 mg täglich zur Schmerzdistanzierung sollen den Circulus vitiosus des Schmerzes durchbrechen und die schmerzinduzierte Einnahme einer unphysiologischen Haltung verhindern. Außerdem können bei sehr starken Schmerzen kurzfristig Opioide wie Tramadol bis 300 mg täglich eingesetzt werden (Hacke2010). Aufgrund des erhöhten gastrointestinalen Risikos sollten NSAR stets prophylaktisch mit einem Protonenpumpenhemmer wie Pantoprazol 20 mg täglich kombiniert gegeben werden. Dabei wird die Pharmakotherapie stets ergänzend zu den anderen Maßnahmen geführt. Paravertebrale Injektionen gelten mittlerweile als obsolet, während epidurale Infiltrationen mit Steroiden und Lokalanästhetika eine kurzfristige Linderung der Beschwerden ohne besseres Langzeitergebnis schaffen (Kang et al. 2011). Darüber hinaus kann eine lokale Wurzelblockade mit dem Glucocorticoid Triamcinolon unter CT-Kontrolle, auch periradikuläre Therapie genannt, eine durch Narbengewebe eingeengte Wurzel durch Fibrolyse und Reduktion der mesenchymalen Proliferation befreien (Bogduk 1995, Theodoridis et al. 2009). Die lokale Applikation zeichnet sich dabei durch die maximale Konzentration des Wirkstoffes am Ort des Geschehens und eine deutliche Reduktion der systemischen Nebenwirkung aus.

Physikalische Maßnahmen

Lokale Wärmeapplikation mit Fangopackung und Rotlicht in der akuten Schmerzphase als auch Elektrotherapie und Kurzwellenbestrahlung im Anschluss können den Teufelskreis des Schmerzes durch Reduktion des paravertebralen Hartspannes und Reizung sensorischer Afferenzen durchbrechen. Bewegungstherapie im Wasserbad sowie Entspannungs- und Lockerungsübungen wird ein ähnlicher Effekt zugesprochen, was jedoch nicht ausreichend validiert worden ist (Long et al. 2004).

Physiotherapie

Während früher bei Lumbago und Lumboischialgie strenge Bettruhe verordnet wurde, empfiehlt man dem Patienten heute lediglich eine angenehme Stufenlagerung auf harter Unterlage, die zu einer entlastenden Kyphosierung der Lendenwirbelsäule führt. Ruhigstellung über mehrere Tage hinaus ist dabei gar nicht zu empfehlen. Der Patient sollte sich, sobald es der Schmerz zulässt, langsam mobilisieren und keine Zwangshaltung einnehmen. Dabei gibt es keinen Unterschied zwischen Bettruhe und rascher Wiederaufnahme der Aktivität (Dahm et al. 2010). Folglich sollte der Zeitpunkt der Mobilisation durch das Schmerzempfinden des Patienten als auch das Bestreben nach Aktivität oder der Vermeidung langer unnötiger Immobilisation bestimmt werden. Die Mobilisierung beginnt so nach ein paar Tagen mit leichten Übungen im Bewegungsbad und geht schließlich über in ein Training zur Kräftigung und Stabilisierung der Rücken- und Bauchmuskulatur (Wottke 2004). Im Sinne einer Sekundärprophylaxe werden rückenphysiologische Bewegungen des Alltages erlernt. Langfristig ist die Einbindung des Bandscheibenpatienten in ein multimodales Behandlungsprogramm sinnvoll, welches ein konsequentes Rückentraining unter Eigenregie, verhaltens- sowie ergotherapeutische Aspekte beinhaltet (Jensen et al. 2010).

2.6.2 Operative Therapie

Die Antwort auf die Frage, welche operative Maßnahme im Falle eines lumbalen Bandscheibenvorfalles ergriffen werden sollte, unterliegt einer stetigen, durch den technischen Fortschritt bestimmten Debatte, wobei sich immer wieder neue Methoden zu etablieren versuchen. In diesem Rahmen muss sich die offene mikrochirurgische Dekompression stetig gegenüber weiteren modernen Verfahren behaupten. Für die Mehrheit der Chirurgen stellt sich diese Frage im klinischen Alltag jedoch gar nicht, sondern vielmehr welcher Patient zu welchem Zeitpunkt mikrochirurgisch operiert werden sollte (Schwetlick 1998).

Bei der Entscheidung zur Operation muss individuell für jeden Patienten der Nutzen, also die Besserung von Lumboischialgie und sensomotorischem Defizit, gegen das allgemeine Operationsrisiko als auch das Risiko einer ausbleibenden Symptomregredienz oder eines Rezidiveingriffes abgewogen werden (Atlas et al. 2005). Feinheiten in der Tendenz, früher oder später zu operieren, variieren dabei, über die Jahre hinweg, zwischen den Einrichtungen sowie zwischen den Chirurgen als Entscheidungsorgan selbst.

2.6.2.1 Absolute Operationsindikation

Klare Indikationen für eine Operation sind wie schon erwähnt eine Caudasympptomatik, akute Paresen wichtiger Muskeln mit einem Kraftgrad unter 4 und anhaltende unerträgliche Lumboischialgien. Jede für sich ergibt schon eine Indikation, falls eine entsprechende Bildgebung vorliegt (Krämer et al. 2005a). Dies gründet auf der Tatsache, dass ein weiteres Hinauszögern zu irreversiblen nervalen Schäden führen würde und diese ausgeprägte Symptomatik eine bessere Heilungstendenz im postoperativen Verlauf erwarten lässt.

2.6.2.2 Relative Operationsindikation

Die Indikation muss relativiert werden, wenn nur leichte Paresen wichtiger Muskeln und mäßige Schmerzen vorliegen. Hierbei sollte das Ausmaß der nervalen Kompression im MRT klar beurteilt werden (Weyreuther et al. 2006). Des Weiteren würde man sich bei alleinigen starken therapieresistenten Schmerzen als auch bei Paresen wichtiger Muskeln jüngerer Patienten für eine Operation entscheiden. Voraussetzung ist hierbei immer eine Korrelation von klinischem Befund und Bildgebung (Siewert 2006).

Keine Indikation für eine Operation sind mäßige Schmerzen, länger bestehende Paresen unwichtiger Muskeln und Kreuzschmerzen ohne radikuläre Symptomatik.

2.6.2.3 Kontraindikation für die Operation

Absolute Kontraindikationen sind entzündliche Prozesse im Operationsgebiet, ein aufgrund schwerer Allgemeinerkrankungen nicht operationsfähiger Patient oder eine Verweigerung seitens des Patienten.

2.6.2.4 Mikrochirurgie vs. Makrochirurgie

Der derzeitige Standard in der lumbalen Bandscheibenchirurgie ist die offene mikrochirurgische Dekompression, die die makrochirurgische Operation mit breiterem Zugang weitgehend abgelöst hat. Die Mikrochirurgie begnügt sich dank verbesserter Ausleuchtung, optischer Vergrößerung des Situs und Verwendung abgewinkelter Instrumente mit einem schmalen Zugang zur Bandscheibenpathologie in der Tiefe. Vorteile sind geringeres Operationstrauma mit weniger Blutverlust, weniger Gefäß- und Nervenverletzungen, weniger Narbenbildung, Erhalt muskulärer Strukturen sowie eine schnellere postoperative Mobilisation und Rehabilitation. Dies stellt wiederum hohe Ansprüche an den Operateur, sodass es vermehrt zum Aufsuchen der falschen Etage als auch zu einer unzureichenden Dekompression kommen kann (Krämer et al. 2005a). Die bisherige Studienlage konnte keine großartigen Unterschiede der beiden offenen

Verfahren darlegen. Es gibt lediglich Hinweise auf ein besseres Ergebnis unmittelbar postoperativ für die mikrochirurgische Operation (Barrios et al. 1990, Tullberg et al. 1993, Schwetlick 1998, Harrington und French 2008).

2.6.2.5 Mikrochirurgische Operation

Vorbereitung

Im Vorfeld der Operation sollte der Patient umfassend über seine Diagnose, den intraoperativen und postoperativen Verlauf und eventuelle Komplikationen aufgeklärt werden als auch Alternativen und Prognose des Bandscheibenleidens ohne operative Intervention aufgezeigt bekommen. Auch hier sollte einer elektiven Operation eine besonders ausführliche präoperative Aufklärung des Patienten vorausgehen vor dem Hintergrund nicht zufrieden stellender Operationsergebnisse und etwaiger Ausgleichsansprüche seitens des operierten Patienten. Um das intraoperative Aufsuchen der falschen Etage zu verhindern, besteht die Möglichkeit der präoperativen Nadelaufnahme zur Unterstützung der folgenden intraoperativen Segmentkontrolle. Aufgrund einer möglichen Sequesterverlagerung sollte die aktuell vorliegende MRT nicht älter als vier Wochen sein. Die Lagerung des Patienten erfolgt in Knie-Hock-Stellung oder im Wilsonrahmen mit dem Ziel des Ausgleiches der Lumballordose und Paralleleinstellung des Rückenprofils zur Horizontalebene (Krämer et al. 2005a).

Ablauf

Die mikrochirurgische Operation des lumbalen Bandscheibenvorfalles gliedert sich in verschiedene Phasen und kann je nach Sequesterlage über einen interlaminären als auch lateralen Zugang erfolgen. In jeder Phase der Operation bietet sich dem Operateur je nach Schicht und Segment ein spezifisches Bild, welches bei Abweichung vom erwarteten Befund eine intraoperative Segmentkontrolle mittels Bildwandler nach sich ziehen sollte (Grifka et al. 1992, Goodkin und Laska 2004, Ammerman et al. 2006).

Da die meisten Diskushernien in der paramedialen Zone liegen, wird am häufigsten der interlaminäre Zugang gewählt. Der Hautschnitt erfolgt in der Mittellinie und je nach Sequesterlage auf Höhe oder unterhalb des jeweiligen Dornfortsatzes. Darauf folgt die Inzision der Lumbodorsalfaszie einen Querfinger paraspinal. Während die medialen Blätter der Faszie nach medial gehalten werden, wird mit dem Raspatorium der nächst höher gelegene Dornfortsatz als knöcherne Leitschiene beim Aufsuchen der oberen knöchernen interlaminären Ecke (OIE) genutzt. Diese fungiert als Orientierungspunkt für das darauf folgende Einsetzen des Retraktors sowie Hinzuziehen des Mikroskops. Unter mikroskopischer Sicht wird daraufhin das Ligamentum flavum inzidiert und der

Epiduralraum mit Fett, Nervenwurzel und lateralem Durarand erreicht. Studien von Park et al. 2002, Aydin et al. 2002 und Nicoletti et al. 2005 stellten die Vorteile einer reduzierten Resektion des Ligamentum flavum im Sinne einer verminderten postoperativen epiduralen Fibrosierung und Duraverletzung dar. Im Segment L5/S1 ist die laterale Flavektomie meist ausreichend. In den Segmenten weiter kranial verdeckt die Lamina des nächst höheren Bogens meist die diskale Ebene, sodass die unzureichende Sicht auf die Bandscheibe eine partielle oder sogar vollständige Wegnahme des Bogens erfordert. Diese Laminotomie oder Hemilaminektomie wird bevorzugt mit einer Kerrison-Stanze am Unterrand des Bogens soweit nach lateral durchgeführt, bis der laterale Rand von Dura und Wurzel sicher zu sehen sind. Nach der vorsichtigen Medialisierung von Dura und Wurzel mit dem Love-Wurzelhaken unter Schonung epiduraler Venen hat man im ventralen Epiduralraum nun Sicht auf die Bandscheibe. Der Raum wird nach freien Sequestern exploriert und diese mit der Faszange entfernt. Falls das Bandscheibengewebe noch von der ventralen epiduralen Membran bedeckt ist, kann diese vorsichtig durchstoßen werden, um die darunterliegende Perforationsstelle im Anulus fibrosus zu identifizieren. Sollte dieser disloziertes Bandscheibenmaterial bedecken, wird auch hier eine vorsichtige Inzision vorgenommen und der Prolaps entfernt. Intradiskales mobiles Bandscheibenmaterial wird mit Hilfe einer Faszange mit Tiefenanschlag unter intermittierender Spülung des Zwischenwirbelaumes extrahiert, bis kein lockeres Gewebe mehr zu fassen ist. Dabei kann man auf eine Kürettage des Bandscheibenfaches verzichten, da dies keinen Benefit bringt (Reichel et al. 2000, Eckardt 2011). McGirt et al. 2009 konnten einer aggressiven Bandscheibenausräumung zwar eine niedrigere Rezidivrate bestätigen, verzeichneten jedoch mehr Lumboischialgien im Langzeitverlauf. Im Anschluss sollte der ventrale Epiduralraum einschließlich epiduraler Membran nach verbliebenen Restfragmenten exploriert sowie Dura und Nervenwurzel nochmals medialisiert und auf Mobilität geprüft werden. Nach Entfernung des Retraktors wird der Situs auf Blutungen hin überprüft, im Falle größerer Knochenresektionen eine subfasziale Redondrainage eingelegt und die Faszie rekonstruiert. Der Wundverschluss erfolgt aufgrund geringer Spannungsverhältnisse intracutan.

Weitaus seltener als der interlaminäre wird der laterale Zugang aufgrund einer lateralen Sequesterlage gewählt. Dies sind intraforaminale oder extraforaminale und in jedem Fall extrakanalikuläre Bandscheibenvorfälle, deren Hauptanteil lateral der medialen Pedikelbegrenzung liegt. Dieser paraspinale intertransversale Zugang beginnt mit einem Hautschnitt einen Querfinger lateral der Mittellinie, damit dieser, falls es die intraforaminale paramediale Sequesterlage erfordert, gleichzeitig für einen interlaminären

Zugang genutzt werden kann. Die weiteren Phasen entsprechen denen des interlaminären Zuganges, wobei es einige Unterschiede gibt. So bleiben der Kontakt mit dem Wirbelkanal und damit auch das Risiko einer epiduralen Fibrosierung und venösen Blutung weitgehend aus. Nachteilig ist jedoch das Operieren in gefäßreicher Umgebung und die Nähe des empfindlichen Spinalganglions. Dennoch verzeichnet der laterale Zugang eine niedrigere Komplikationsrate (Krämer et al. 2005a).

Bei durch Funktionsaufnahmen nachgewiesener segmentaler Instabilität wird in Ergänzung zur Dekompression neuraler Strukturen das betroffene Segment mit Hilfe einer Spondylodese stabilisiert, besonders wenn intraoperativ Anteile der Interartikularportion entfernt werden mussten, was den Stabilitätsverlust durch Entfernung von Bandscheibengewebe zusätzlich vergrößert. So kann die Versteifung bereits im Rahmen der primären Bandscheibenoperation erfolgen oder als Revisionsoperation nach Ausbildung eines Postdiskektomiesyndroms notwendig werden. Die lumbale interkorporelle Fusion kann dabei von dorsal mit Laminektomie und Facettektomie oder transforaminal mit Facettektomie und Zugang über das Foramen interarcuale erfolgen. Bei sehr instabilen Verhältnissen oder jüngeren Patienten finden dorsoventrale Kombinationseingriffe Anwendung (Krämer 2004, Mumenthaler et al. 2006).

Komplikationen

Der Patient sollte über alle möglichen mit der Operation einhergehenden Komplikationen sowie mit dem Verweis auf deren Häufigkeit aufgeklärt werden. So sollten die meisten nur aus juristischen Gründen genannt und dokumentiert werden. Dazu zählen im Allgemeinen Blutungen aus dem Wundbereich mit möglicher Bluttransfusion und epiduralem Hämatom, Nervenverletzung bei der Neurolyse, Lagerungsfolgen wie Druckschäden, perioperative Thromboembolien (Masuda et al. 2012), Spondylodiszitis und im Speziellen das Aufsuchen der falschen Etage mit konsekutiver Revision, Durotomie, Verletzung der Bauchgefäße (Goodkin und Laska 1998) oder des Darmes sowie postoperativ Kaudastörungen, Beinschmerzen, Rezidivvorfälle und das Eintreten eines Postdiskektomiesyndroms, wobei die letzten beiden Punkte nur zu den Komplikationen im weiteren Sinn gehören (Krämer et al. 2005a, Henne-Bruns et al. 2007). Eine intraoperative Duraeröffnung verschließt man mit Tachocomb, Naht und Fibrinkleber mit anschließender dreitägiger Bettruhe und zusätzlicher Antibiotikaphylaxe (Jankowitz et al. 2009). Zur Prävention einer oberflächlichen oder tiefen Infektion hat sich eine perioperative Antibiotikaphylaxe etabliert (Mastronardi und Tatta 2004, Börm und Meyer 2008).

Nachbehandlung

Die postoperative Betreuung des Patienten sollte sich an den Wundheilungsstadien sowie der individuellen Konstitution orientieren. Unterschiedliche biomechanische Veränderungen erfordern ein angepasstes postoperatives Management. Die ersten 24 Stunden postoperativ sind durch Gerinnungsprozesse und Hämatombildung im Wundbereich geprägt, der Patient darf im Rahmen der Körperhygiene mobilisiert werden, sollte sich aber noch schonen. Das Tragen einer Flexionsorthese empfiehlt sich aufgrund der notwendigen Stabilisierung und Entlastung der Wirbelgelenke und zur Korrektur einer Hyperlordose durch Unterstützung der Rumpfmuskeln. Ab dem ersten postoperativen Tag ist eine physiotherapeutische Mobilisation vorgesehen. Ein in der ersten Woche gebildetes Wundödem zieht sich innerhalb der ersten drei Monate zurück. Hier sollte eine Rückenschule zum Aufbau der stabilisierenden Rumpfmuskulatur durchgeführt werden. Bis zum ersten Jahr hat sich in der Tiefe Narbengewebe organisiert, welches sich später retrahiert und Ursache eines Postdiskektomiesyndroms sein kann. Sportliche Aktivität seitens des Patienten ist erwünscht, wobei langfristige einseitige Belastungen der Wirbelsäule vermieden werden sollten (Krämer et al. 2005b).

2.6.2.6 Alternative Operationen

Zu den Alternativen einer offenen Dekompression an den lumbalen Bandscheiben stehen perkutane Verfahren zur Verfügung. Hier sind Möglichkeit und Grenzen jedoch klar definiert. Über einen perkutan gelegten Instrumentationskanal wird mit einem Endoskop Bandscheibengewebe extrahiert. Die Ausräumung kann durch Applikation thermoelektrischer Ströme oder mit Hilfe von Lasern erweitert werden (Alexandre et al. 2005, Eckardt 2011). Klarer Vorteil ist hier die geringere Invasivität mit reduzierter Narbenbildung und früher Mobilisation (Krämer 2004). Bedeutender Nachteil hingegen ist die Einschränkung der Anwendbarkeit auf Protrusionen des Segmentes L4/5, da nur hier eine gute Erreichbarkeit gegeben ist (Reichel et al. 2000) und die Methode über eine intervertebrale Druckänderung funktioniert, die ein intaktes hinteres Längsband voraussetzt und somit maximal einen Dislokationsgrad 3 (siehe Abb. 2) behandeln kann. Eine Studie von Ruetten wies die Gleichstellung beider Verfahren hinsichtlich des postoperativen Ergebnisses und einen Vorteil bezüglich Operationsdauer und Analgetikaverbrauch für die endoskopischen Verfahren nach (Ruetten et al. 2007). Für die Methode wird zwar ein Erreichen aller Diskushernien und Sequester dank möglicher Zugänge von interlaminär, posterolateral als auch transforaminal proklamiert, es besteht jedoch zweifellos ein erhöhtes Risiko der Wurzelverletzung bei mangelnder Kompetenz der Methode, unerwartete Komplikationen zu beherrschen. Somit kann die

vollendoskopische Behandlung lumbaler Bandscheibenvorfälle nur als eine Ergänzung zur offenen Dekompression gesehen werden.

Ein weiteres Verfahren ist das intradiskale enzymatische Auflösen der Bandscheibe mittels Chemonukleolyse. Dabei wird unter CT-Kontrolle Chymopapain in den Nucleus pulposus injiziert (Jansen und Balls 1941). Aufgrund der eingeschränkten Anwendbarkeit bei lediglich 5% der Bandscheibenvorfälle konnte sich auch diese Methode nicht durchsetzen (Klingelhöfer und Rentrop 2003, Keller et al. 2007).

Das Konzept der autologen Chondrozytentransplantation versuchte die Degeneration der Bandscheiben als Ursache für einen Vorfall aufzuhalten. Dabei werden dem Patienten während einer Sequestrektomie gewonnene und über drei Monate kultivierte Chondrozyten intradiskal implantiert. Vorübergehende Ergebnisse der Euro-Disc-Studie zeigten eine reduzierte Abnahme der postoperativen Bandscheibenhöhe und geringeren Verlust des Flüssigkeitsgehaltes (Meisel et al. 2006).

Bei therapierefraktären Schmerzen auf der Grundlage degenerativer Bandscheibenalteration ist darüber hinaus die Implantation einer Bandscheibenprothese möglich (Krämer 2004). Diese soll anstelle einer Spondylodese Schmerzfreiheit bei gleichzeitigem Erhalt der Beweglichkeit gewährleisten. Patienten mit Spondylolisthesis oder symptomatischen Vorfällen werden dabei ausgeschlossen, sodass die Degeneration sich maximal in Form einer Protrusion manifestieren darf (Bertagnoli und Kumar 2002).

3 ZIELE DER ARBEIT

Diese monoinstitutionale Retrospektivanalyse setzt sich anhand der Deskription des rekrutierten Patientengutes eine allgemein gültige Einschätzung von Patienten mit lumbaler mikrochirurgischer Bandscheibenoperation zum Ziel. Im Rahmen der Datengewinnung und deren Auswertung sollen Kenntnisse zu demografischen Daten, Vorgeschichte, präoperativer Symptomatik und Diagnostik, dem zur Indikation führenden Befund, operativem Procedere sowie postoperativem Verlauf mit eventueller Revisionsnotwendigkeit oder klinischer Manifestation eines Postdiskektomiesyndroms gewonnen werden. Nach Ermitteln etwaiger Zusammenhänge zwischen den zahlreichen, das postoperative Outcome determinierenden Variablen sollen die Ergebnisse darüber hinaus in den Kontext der aktuellen internationalen Studienlage integriert werden, um letztendlich valide Prädiktoren für die Prognose nach einer mikrochirurgischen Intervention benennen zu können. Deren klinische Bedeutung liegt in einer angepassten Patientenselektion und Indikationsstellung sowie der daraus resultierenden Optimierung von Diagnostik und Therapie vor dem Hintergrund des individuell bestmöglichen Resultates nach einer lumbalen Bandscheibenoperation.

4 PATIENTENGUT UND METHODIK

Auswahl der Patienten

Diese Arbeit ist eine Retrospektivanalyse zum postoperativen Verlauf von Patienten, die im Zeitraum vom 01.01.2007 bis zum 31.12.2009 in der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie der Friedrich-Schiller-Universität Jena aufgrund eines lumbalen Bandscheibenvorfalles operativ versorgt worden sind.

Einschlusskriterien

Für diese retrospektive Analyse wurden Patienten ausgewählt, die in den Jahren 2007 bis 2009 in der Klinik für Neurochirurgie des Universitätsklinikums Jena aufgrund eines lumbalen Bandscheibenvorfalles mikrochirurgisch operiert wurden.

Ausschlusskriterien

Von einer Aufnahme in diese Retrospektivstudie ausgeschlossen wurden Patienten, deren Operationsdatum außerhalb des Zeitraumes 2007 bis 2009 lag, die aufgrund eines Bandscheibenleidens rein konservativ behandelt worden sind und die primär mit einer Spondylodese versorgt wurden.

Patientengut

Bei der Prüfung über die Aufnahme in diese Untersuchung entsprachen 490 Patienten den Einschlusskriterien. Dabei wurden 276 Männer (56%) und 214 Frauen (44%) mit einer Altersspanne von 18 bis 92 Jahren und einem mittleren Alter von 50 Jahren rekrutiert. Das untersuchte Patientengut entsprach hinsichtlich des Alters einer Normalverteilung und wies einen typischen Altersgipfel in der vierten und fünften Dekade auf, was der folgenden Abbildung entnommen werden kann.

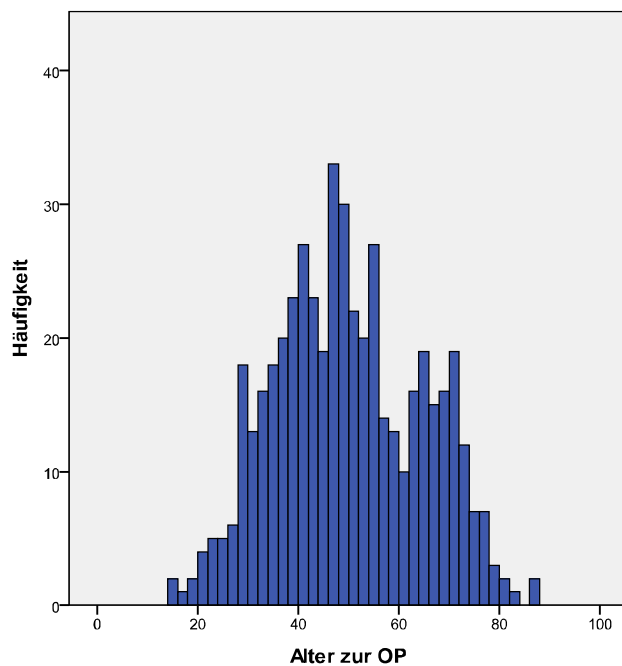


Abb. 3: Altersverteilung der Patienten; N=490.

Die Zuweisung der Patienten in die Klinik für Neurochirurgie erfolgte dabei über die neurochirurgische Ambulanz, die Rettungsstelle, als fachexterne Verlegung anderer Kliniken innerhalb oder außerhalb des Universitätsklinikums oder aufgrund einer Überweisung durch ambulante Fachärzte.

Die Diagnose als Grundlage der Rekrutierung wurde anhand von Anamnese, klinischer Untersuchung, bildgebender Diagnostik wie MRT und CT sowie elektrophysiologischen Untersuchungen gestellt.

Entsprechend der relativ jungen Altersstruktur wiesen 337 Patienten (69%) keine Nebendiagnosen auf. Die Begleiterkrankungen der komorbiden Patienten waren dabei vor allem internistischer und orthopädischer Natur.

Datenerfassung

Elementarer Bestandteil der Informationsgewinnung war das IT-Verwaltungsprogramm SAP der Klinik für Neurochirurgie, mit dessen Hilfe die Patienten entsprechend Diagnose und Operationsdatum selektiert wurden. Des Weiteren wurden Operationsberichte, stationäre und ambulante Arztbriefe, radiologische und elektrophysiologische Befunde als auch Pflegedokumentationen der Anästhesie und des Stationspersonals herangezogen. So wurden zunächst demografische Daten wie das Alter am Operationstag und das Geschlecht erfasst. Anschließend wurden sämtliche Parameter zu Vorgeschichte, klinischer Symptomatik, apparativen Untersuchungen und der darauf beruhenden exakten Diagnose als auch Informationen zur Operationsmethode, Operationsdauer, Operateur

und Komplikationen gesammelt. Die Untersuchung des postoperativen Verlaufes kennzeichnete sich durch Erhebung der postoperativen Symptomatik, etwaiger Bildgebung, postoperativer Komplikationen und deren Therapie zum Zeitpunkt der Entlassung als auch zu den jeweiligen Wiedervorstellungen in der Ambulanz der Klinik im zeitlichen Rahmen von sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und einem Jahr. Dabei wurde die jeweils letzte Vorstellung des Patienten in der neurochirurgischen Ambulanz dokumentiert.

Die gewonnenen Daten wurden mit Hilfe des Programmes Microsoft Office Excel in strukturierten und auswertungsorientierten Datensätzen integriert, welche nach eigenen Kriterien entwickelt worden waren.

Datenauswertung

Die statistische Auswertung der gewonnenen und in einer Maske strukturierten Daten wurde anhand des Statistikprogrammes SPSS 19.0 durchgeführt. Dabei konnte jedem einzelnen Patienten in Form eines Falles eine Vielzahl an Variablen zugewiesen und so mit Hilfe deskriptiver Analysen genauer beschrieben werden. Mittels verschiedener statistischer Tests konnten signifikante Korrelationen zwischen den Variablen nachgewiesen und diese in Kreuztabellen und Diagrammen veranschaulicht werden.

Statistische Tests

Die Wahl des geeigneten statistischen Testes richtete sich nach dem Messniveau der jeweils vorliegenden Variablen. Im Falle einer zu prüfenden Korrelation zweier quantitativer Merkmale konnte dazu eine Korrelations- und Regressionsanalyse mit der Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach Pearson genutzt werden. Das Anfertigen von Streudiagrammen erlaubte im Voraus die Abschätzung von Art und Stärke des zu ermittelnden Zusammenhanges. Um den Unterschied zweier unverbundener Stichproben hinsichtlich eines metrischen Merkmales herauszustellen, wurde der t-Test angewendet.

War die Voraussetzung zweier quantitativer Variablen nicht erfüllt, waren diese also hinsichtlich des Messniveaus lediglich nominal oder ordinal, boten sich die Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach Spearman und Kendall oder die Anwendung des Chi-Quadrat-Testes zum Vergleich von Häufigkeiten an.

Bei Durchführung und Interpretation der Testergebnisse wurde stets von einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ basierend auf einem 0,95-Konfidenzintervall ausgegangen.

5 ERGEBNISSE

5.1 Demografische Daten

5.1.1 Alter

Die Altersstruktur des Patientenkollektivs wies einen typischen Gipfel in der vierten und fünften Dekade auf als auch einen weniger ausgeprägten Anstieg lumbaler Bandscheibenvorfälle in der siebenten Lebensdekade. Während der jüngste Patient zum Tag der Operation lediglich 18 Jahre alt war, wurde der älteste Patient mit 92 Jahren operiert. Insgesamt betrug das mittlere Alter bei Operation 50 Jahre (SD 14,5), das der Männer (n=276) 48 Jahre (SD 14) und das der Frauen (n=214) 50 Jahre (SD 15). Wie aus Abbildung 4 ersichtlich, präsentierte sich der zweite Gipfel um die siebente Lebensdekade vor allem in der Gruppe der Frauen, während die Männer eine im Alter konstant abnehmende Verteilung zeigten.

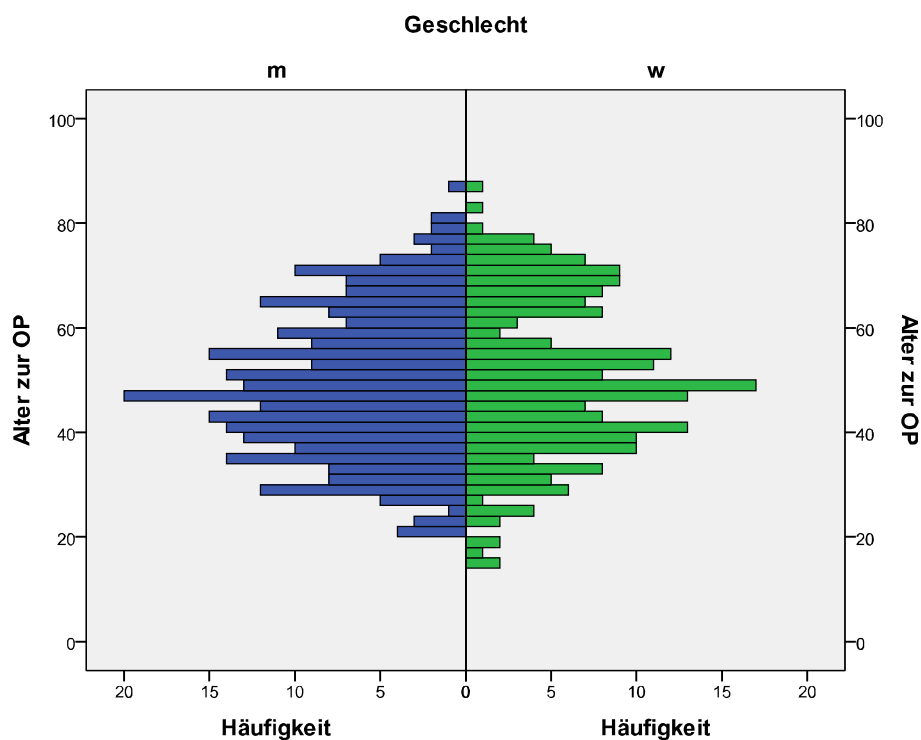


Abb. 4: Altersverteilung nach Geschlecht; m=männlich, w=weiblich; N=490.

Bei Untersuchung einer altersabhängigen Höhenlokalisierung der präoperativen Lumboischialgie ergab sich eine signifikante Abhängigkeit ($p \leq 0,01$). Das mittlere Alter lag bei Patienten, deren Lumboischialgie sich in Dermatomen höher als L4 manifestierte, bei 55 Jahren (SD 15) und das der Patienten mit peripherer Symptomatik bei 49 Jahren (SD 14).

Das gleiche signifikante Ergebnis ($p \leq 0,05$) erhielt man hinsichtlich der präoperativen Hypästhesie.

Bezüglich des Kraftgrades der präoperativen Parese stellte sich ein signifikanter Altersunterschied heraus ($p \leq 0,01$). Jüngere Patienten wiesen eher mäßige, ältere hingegen vermehrt Paresen der Kraftgrade 1 und 2 auf. Das mittlere Alter der Patienten mit Parese lag mit 52 Jahren (SD 14) sechs Jahre über dem der Patienten ohne Parese. Auch die Art des paretischen Muskels entspricht der typischen altersabhängigen Höhenlokalisation. So beträgt das mittlere Alter von Patienten mit einer Iliopsoaparese oder Quadricepparese 60 Jahre (SD 13), mit Fußheberparese und Großzehenheberparese 51 Jahre (SD 14) und bei einer Fußsenkerparese sogar nur 47 Jahre (SD 12).

Wie der Abbildung 5 zu entnehmen, präsentierte sich das Zeichen nach Lasègue ebenfalls mit einer signifikanten Altersabhängigkeit ($p = 0,001$). So wiesen gerade die jüngeren Patienten zum Zeitpunkt der klinischen Untersuchung einen pathologischen Lasègue als Zeichen der Nervenwurzelreizung auf.

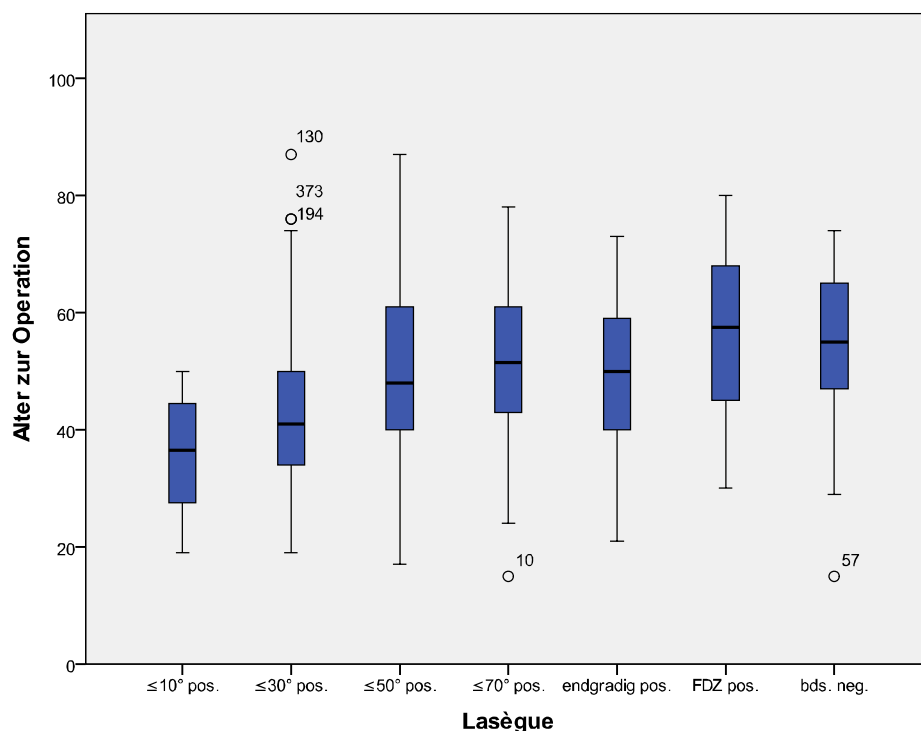


Abb. 5: Auslösbarkeit des Zeichen nach Lasègue in Abhängigkeit des Alters; N=490.

Hintergrund der nachgewiesenen Altersabhängigkeit verschiedener präoperativer Symptome ist letztlich die Höhe des Bandscheibenvorfalles, der sich in segmentspezifischer Klinik äußert. So konnte ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,001$)

zwischen der Höhe der Diskushernie und dem Alter des Patienten ermittelt werden, was durch die Abbildung 6 veranschaulicht wird. Das mittlere Alter der Patienten mit Bandscheibenpathologie oberhalb LWK 4/5 lag mit 60 Jahren (SD 13) 13 Jahre über dem mittleren Alter der Patienten mit kaudalem Bandscheibenleiden. So lag das mittlere Alter für das Segment LWK1/2 bei 60 Jahren (SD 1,4), für LWK2/3 bei 61 Jahren (SD 13), für LWK3/4 bei 59 Jahren (SD 14), für LWK4/5 bei 50 Jahren (SD 14) und für das Segment LWK5/SWK1 bei 44 Jahren (SD 13).

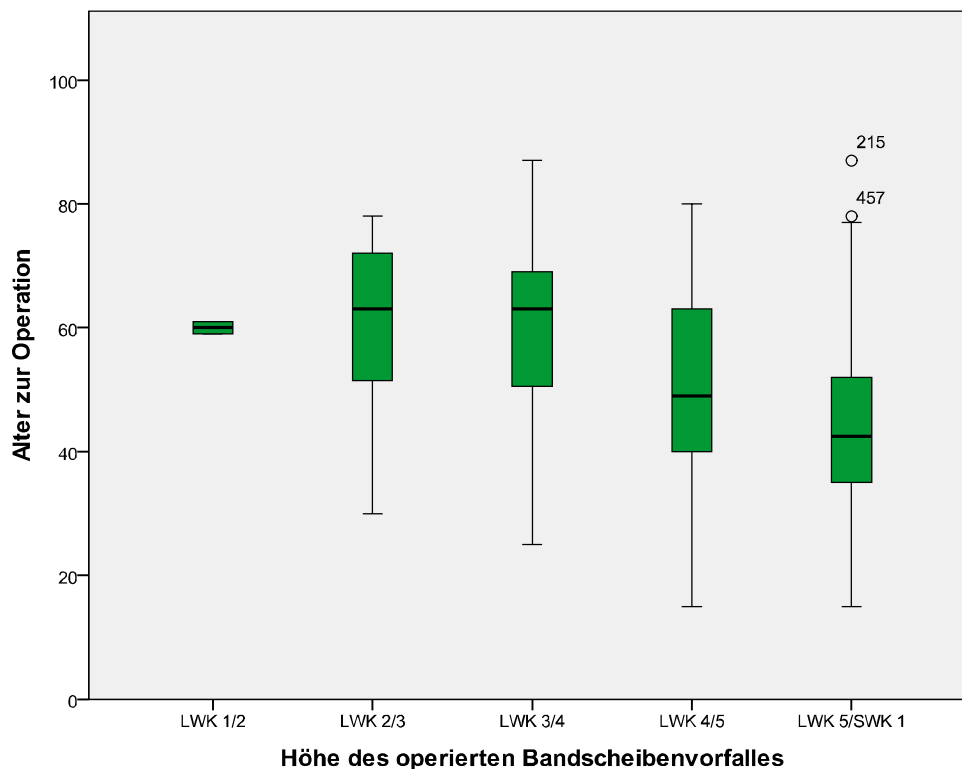


Abb. 6: Höhe des operierten Bandscheibenvorfalles in Abhängigkeit des Alters; N=490.

Zum Zeitpunkt der präoperativen Bildgebung wurden die Beschwerden des Patienten dokumentiert und anhand des Schweregrades in eine Rangfolge gebracht, wobei Paresen, Miktionsstörung und reduzierter Sphinktertonus als Ausdruck eines Cauda-equina-Syndroms höher bewertet wurden als Symptome wie Lumboischialgie und Hypästhesie ohne Paresen. Diese selbst gewählte Rangordnung orientiert sich an der Dringlichkeit einer mikrochirurgischen Intervention. Betrachtete man nun das Alter der Patienten, ergab sich wieder eine signifikante Korrelation auf dem Niveau von $p \leq 0,05$. Je älter der Patient bei der bildgebenden Diagnostik war, desto akuter stellte sich seine Symptomatik dar und desto dringlicher erschien eine Operation. Jüngere hingegen stellten sich im Mittel mit einer eher blanden Symptomatik vor.

Da der Großteil der Patienten bei der Operation zwischen 40 und 60 Jahren alt war, hatten nur 153 Patienten (31%) Nebendiagnosen aufzuweisen, welche den

verschiedensten Fachrichtungen zugewiesen werden können. Dazu zählen Diagnosen aus dem Bereich der Angiologie, Dermatologie, Endokrinologie, Gastroenterologie, Gefäßchirurgie, Gynäkologie, Immunologie, Kardiologie, Neurologie, Nephrologie, Onkologie, Orthopädie, Ophthalmologie, Pneumologie, Rheumatologie, Urologie und Viszeralchirurgie. Erwartungsgemäß war auch hier ein signifikanter Zusammenhang ($p \leq 0,01$) mit dem Alter zu finden. So lag das mittlere Alter der komorbiden Patienten mit 56 Jahren (SD 14) zehn Jahre über dem Alter ansonsten gesunder Patienten. Eine ähnlich signifikante Korrelation ($p \leq 0,01$) ergab sich hinsichtlich des Altersunterschiedes zwischen Patienten mit und ohne radiologische Pathomorphologie wie Foramenstenose, Spinalkanalstenose, Osteochondrose, Spondylarthrose, Spondylosis, Spondylolisthesis und Synovialzysten. Diese Pathologie als Ausdruck im Alter fortschreitender degenerativer Prozesse wiesen 22% ($n=61$) der Patienten auf. Eine für die Segmentidentifikation bedeutende Lumbalisation des ersten Sakralwirbels (sechsgliedrige LWS) war bei 2,8% ($n=14$) zu finden.

Bei 3,7% ($n=18$) der Patienten war eine spinale Duraplastik aufgrund einer intraoperativen Duraeröffnung vorgenommen worden. 10,8 % der Patienten ($n=53$) bekamen zusätzlich eine epidurale Fettplastik. Diese Maßnahmen wurden signifikant öfter ($p \leq 0,01$) bei jüngeren Patienten durchgeführt. Etwas geringer stellte sich die Signifikanz zwischen Alter und dem Durchführen einer epiduralen Fettplastik dar ($p \leq 0,05$). So erhielten mehr jüngere Patienten solch eine Maßnahme. Das mittlere Alter unterschied sich hierbei um sechs Jahre (44 Jahre versus 50 Jahre).

Die mikrochirurgische Dekompression setzt sich die Entfernung des prolabierte Bandscheibengewebes, die Befreiung der komprimierten Nervenwurzel und das Verhindern eines Rezidivvorfalles zum Ziel. Dies wurde bei 92,9% der Patienten ($n=455$) in Form einer Nucleo- und Sequestrektomie auf einer Etage als auch bei 1,4% ($n=7$) der Patienten auf zwei Etagen realisiert. Eine alleinige Sequestrektomie war bei 5,7 % der Patienten ($n=28$) ausreichend. Letztere Patientengruppe stellte sich als signifikant ($p \leq 0,01$) älter heraus, bei einem um acht Jahre höheren mittleren Alter (49 vs. 57 Jahre) als die Vergleichsgruppe.

Die Operationsdauer, welche im Durchschnitt 74 Minuten (SD 32) betrug, unterlag, wie in der Abbildung 7 zu erkennen, ebenfalls einer signifikanten Altersabhängigkeit ($p = 0,003$). So gab es einen Anstieg der Operationsdauer mit zunehmendem Alter. Eine Dauer länger als 120 Minuten weist auf einen komplizierten Verlauf hin und entzieht sich der Altersabhängigkeit. Eine Operationsdauer unter 30 Minuten setzt kalkulierbare

anatomische Verhältnisse voraus, die es bei jungen Patienten häufiger gibt und bei Patienten über 50 Jahren aufgrund progredienter degenerativer Veränderungen kaum zu finden sind.

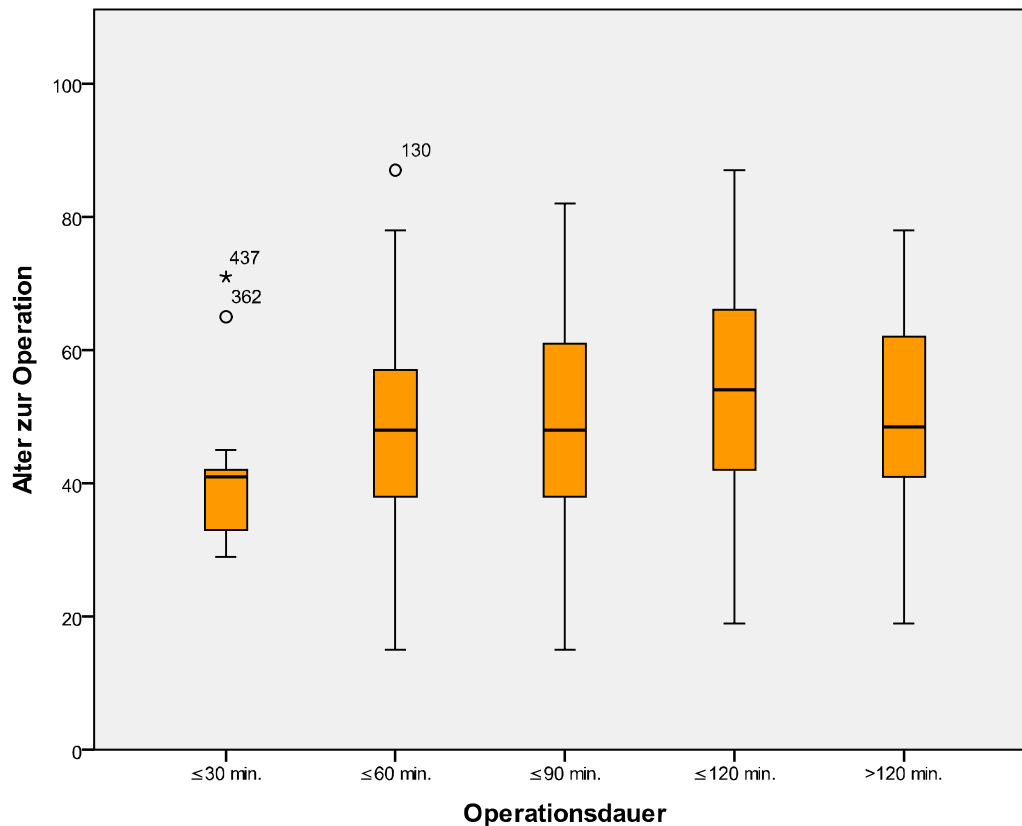


Abb. 7: Dauer der Operation in Minuten in Abhängigkeit des Alters; N=490.

Die Prognose nach einer lumbalen mikrochirurgischen Operation war gekennzeichnet durch eine Revisionsrate von 9,8% (n=48). Dies beinhaltete eine wiederholte Nucleo- und Sequestrektomie in 4,9% der Fälle (n=24) oder eine sekundäre Spondylodese zu 4,7% (n=23). Dabei lag das mittlere Alter der im weiteren Verlauf revidierten Patienten mit 54 Jahren (SD 14) fünf Jahre über dem mittleren Alter der Patienten ohne weiteren operativen Eingriff an der Bandscheibe. So steigt das Revisionsrisiko mit dem Alter zum Zeitpunkt der Operation signifikant an ($p \leq 0,05$).

Bei Entlassung des Patienten wurde nochmals ein klinischer Status erhoben, um eine postoperative Regredienz der präoperativ bestandenen Symptome evaluieren zu können. Dazu gehörte neben Beurteilung der Lumboischialgie und Hypästhesie auch die Einschätzung einer Parese. Diese erwies sich in 23% der Fälle (n=62) als vollständig regredient, zu 43% (n=116) als deutlich regredient, zu 18,8% (n=51) als mäßig regredient, in 13% (n=35) als analog und in einem Fall als progredient. Diese Entwicklung stand in einer signifikanten Altersabhängigkeit ($p \leq 0,01$). Das mittlere Alter der Patienten mit

postoperativer Verbesserung der Parese unterschied sich dabei mit 49 Jahren (SD 14) eindeutig von dem der Patienten ohne Besserung des muskulären Defizites (mittleres Alter 56 Jahre; SD 11). Auch zum Zeitpunkt der ambulanten Konsultationen nach drei Monaten und einem Jahr konnte diese eindeutige Altersabhängigkeit nachgewiesen werden ($p \leq 0,05$). Gleiches galt für die Regredienz einer Hypästhesie nach sechs Wochen ($p \leq 0,01$).

So stellte sich auch die Häufigkeit eines lokalen Rückenschmerzes im postoperativen Verlauf als signifikant abhängig vom Alter des Patienten ($p \leq 0,05$) dar. Das mittlere Alter der Patienten mit lokalem Rückenschmerz zum Zeitpunkt der ambulanten Vorstellung nach sechs Wochen und einem Jahr lag mit 52 Jahren (SD 13) beziehungsweise 54 Jahren (SD 12) rund sechs Jahre über dem Alter der Patienten, die keinen zusätzlichen Rückenschmerz im Lumbalbereich angaben.

Die nach Entlassung aus dem stationären Aufenthalt ambulanten Wiedervorstellungen waren vorgesehen nach sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und einem Jahr. Diese zeitliche Abfolge gründet vor allem auf den Stadien der Wundheilung, welche in adäquaten Abständen ärztlich überprüft werden sollte, als auch der Rückbildung der Beschwerdesymptomatik, welche im individuellen Fall medikamentös, physiotherapeutisch und zuletzt auch operativ unterstützt werden sollte. So betrug die Wiedervorstellungsrate nach sechs Wochen noch 78,6% der Patienten ($n=385$), nach drei Monaten 50% ($n=245$), nach sechs Monaten 52,7% ($n=258$) und nach einem Jahr wieder 50% ($n=245$). Dabei konnte nach sechs Monaten und einem Jahr eine Tendenz der älteren Patienten zur Wiedervorstellung beobachtet werden, die sich jedoch nicht als statistisch signifikant erwies.

5.1.2 Geschlecht

Das Patientengut dieser Untersuchung setzte sich aus 276 Männern (56%) und 214 Frauen (44%) zusammen. Diese Geschlechtsspezifität präsentierte sich auch in vielen der untersuchten Parameter, wie dem präoperativen elektrophysiologischen Befund. Solch eine zusätzliche Untersuchung, die in der Diagnostik des lumbalen Bandscheibenvorfalles eher von sekundärer Bedeutung ist, wurde bei 46% der Männer ($n=127$) und bei 37 % der Frauen ($n=79$) durchgeführt, was schon einen signifikanten Unterschied darstellt ($p \leq 0,05$). Falls ein Patient zu den 42% ($n=206$) gehörte, bei denen solch eine Diagnostik durchgeführt wurde, wies er in signifikant höherem Maße ein pathologisches Ergebnis auf, wenn es sich um einen männlichen Patienten handelte. So erhielt man unter den untersuchten Männern zu 87% ($n=111$) ein pathologisches Ergebnis, während dieses nur bei 63% der Frauen ($n=50$) zu finden war. Im Rahmen dieser Untersuchung war mit Hilfe

der Elektromyographie eine Differenzierung zwischen akutem und chronischem Nervenschaden auszumachen. Hier wiesen männliche Patienten deutlich mehr aktive Denervierungszeichen als die weibliche Vergleichsgruppe auf ($p \leq 0,01$), bei der sich mehr Anhalt für ein chronisches Geschehen bot. Im Rahmen der postoperativen Elektrophysiologie bot sich ein gegensätzliches Geschlechterverhältnis ($p \leq 0,05$). Hier zeigten untersuchte Frauen mit höherem Anteil (69%; $n=11$) auffällige Befunde als untersuchte Männer (33%, $n=6$).

Die Lage des dislozierten Sequesters ist bedeutsam für den klinischen Befund, die Operationsindikation als auch die Wahl des operativen Zuganges. Während für Bandscheibenvorfälle der medialen und paramedialen Zone keine Geschlechtsspezifität besteht, wurden extraforaminale sowie intra- und extraforaminale Diskushernien zu über 80% bei männlichen Patienten vorgefunden, wodurch eine signifikante Korrelation zwischen Geschlecht und Lage des Vorfalles entsteht ($p \leq 0,05$).

Die bereits erwähnte Operationsdauer mit einem Mittelwert von 74 Minuten (SD 32) unterlag ebenfalls einer geschlechtsspezifischen Abhängigkeit auf dem Niveau von $p \leq 0,05$. Die durchschnittliche Operationsdauer weiblicher Patienten lag mit 78 Minuten (SD 36) acht Minuten über dem Mittelwert der Männer.

Zu den postoperativen Komplikationen gehörten neben operationsspezifischen wie Cauda-equina-Syndrom und Wundheilungsstörungen vor allem allgemeine Komplikationen wie tiefe Beinvenenthrombose, Angina pectoris bei Herzinsuffizienz und Myokardinfarkt. Nur 3,1% der Patienten ($n=15$) wiesen solche Komplikationen auf. Dabei waren Frauen signifikant häufiger ($p \leq 0,01$) von allgemeinen Komplikationen betroffen.

Der postoperative Verlauf wies zum Zeitpunkt der Wiedervorstellung nach sechs Wochen bezüglich des Reflexausfalles eine geschlechtsspezifische Differenzierung auf ($p \leq 0,01$). Während 19% ($n=31$) der untersuchten Frauen eine Abschwächung beziehungsweise Ausfall der Muskeleigenreflexe der unteren Extremität aufzeigten, war dies nur bei 8,6% ($n=18$) der Männer zu finden.

In den ambulanten Konsultationen wurde darüber hinaus die Auslösbarkeit des Zeichens nach Lasègue untersucht. Dabei zeigte sich unter den Frauen nach drei Monaten ein unter 50° vermehrt positiver Lasègue und somit signifikanter Unterschied ($p \leq 0,01$) zu den Männern, die zu größerem Anteil einen unauffälligen Befund präsentierten.

Wie schon erwähnt, mussten sich 9,8% der Patienten ($n=48$) nach der mikrochirurgischen Dekompression einer Revisionsoperation unterziehen. Die neurologischen Defizite, die zur Notwendigkeit einer Revision führten, waren Lumbosichalgie, Parese, Hypästhesie,

positives Lasègue-Zeichen und Ausfall der Muskeleigenreflexe. Bezüglich der Parese als auch des Zeitpunktes der Revision konnte eine geschlechtsspezifische Abhängigkeit auf dem Niveau von $p \leq 0,05$ belegt werden. So wiesen Frauen vor der folgenden Operation signifikant häufiger Beschwerden in Form einer Parese auf und wurden früher (innerhalb eines Monats nach der primären Operation) als die Männer revidiert.

Im postoperativen Verlauf präsentierten sich die Frauen zum Zeitpunkt der Konsultationen nach sechs Wochen und drei Monaten im Vergleich zu männlichen Patienten signifikant häufiger ($p \leq 0,01$) mit schlechterer Rückbildung der Lumboischialgie als auch mit einem höheren Anteil progredienter Beschwerden.

Ein Postdiskektomiesyndrom als Folge einer lumbalen Bandscheibenoperation und Ausdruck einer progredienten Wirbelsäulendegeneration ist bei 13% der Patienten ($n=65$) zu verzeichnen gewesen. Während dabei das Geschlecht primär kein Risiko darstellte, konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Geschlecht des Patienten und dem Zeitpunkt des Auftretens jenes Syndroms beobachtet werden ($p \leq 0,05$). So trat es bei Frauen viel früher auf (innerhalb von sechs Monaten nach der Primärintervention) als bei Männern, deren Symptome sich meist erst ein Jahr danach manifestierten.

5.1.3 Komorbidität

Wie bereits aufgeführt wurde, wiesen nur 153 Patienten (31%) Nebendiagnosen auf, welche in der Tabelle 2 dargestellt sind und verschiedenen Fachrichtungen angehören: Angiologie, Dermatologie, Endokrinologie, Gastroenterologie, Gefäßchirurgie, Gynäkologie, Immunologie, Kardiologie, Nephrologie, Neurologie, Onkologie, Orthopädie, Pneumologie, Psychiatrie, Rheumatologie, Urologie und Viszeralchirurgie. Deren Bedeutung entspricht annähernd der von Patienten mit einer Wirbelsäulenpathologie, da beide Parameter stark mit dem Alter des Patienten korrelieren. So reichte bei komorbiden Patienten die operative Entfernung des Sequesters ohne Manipulation am Zwischenwirbelraum häufiger aus ($p \leq 0,05$), jedoch bei einer durchschnittlich um acht Minuten (SD 30) verlängerten Operationsdauer ($p \leq 0,05$). Des Weiteren zeichnete sich diese Patientengruppe durch folgende signifikante Korrelationen aus: mehr postoperative Allgemeinkomplikationen wie Herzinfarkt, Angina pectoris und Thromboembolien ($p \leq 0,05$), häufigere Revisionseingriffe ($p \leq 0,01$), schlechtere Rückbildung der Lumboischialgie und Parese im weiteren Verlauf ($p \leq 0,05$) und ein deutlich erhöhtes Risiko ($p \leq 0,01$) für ein Postdiskektomiesyndrom mit tendenziell späterer ($p \leq 0,05$) Implantation einer Spondylodese, falls diese im Rahmen der Therapie notwendig werden sollte.

Fachrichtung	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
Angiologie	3	0,6
Dermatologie	4	0,8
Endokrinologie	3	0,6
Gastroenterologie	6	1,2
Gefäßchirurgie	7	1,4
Gynäkologie	6	1,2
Immunologie	1	0,2
Kardiologie	35	7,1
Nephrologie	5	1,0
Neurologie	16	3,3
Onkologie	5	1,0
Orthopädie	19	3,9
Pneumologie	10	2,0
Psychiatrie	3	0,6
Rheumatologie	3	0,6
Urologie	10	2,0
Viszeralchirurgie	5	1,0

Tab. 2: Begleiterkrankungen des Patientengutes, strukturiert nach Fachrichtungen; N=490.

5.2 Präoperative klinische Symptomatik und Diagnostik

Das Beschwerdebild und der klinische Befund des Patienten sind hinsichtlich der Operationsindikation als auch der prognostischen Abschätzung des postoperativen Verlaufes von herausragender Bedeutung.

Da sich eine komprimierte Nervenwurzel nicht nur in Form von Lumboischialgie, sondern auch als Parese und Hypästhesie manifestiert und deren Lokalisation ebenfalls der Höhe der prolabierte Bandscheibe entspricht, korrelieren die unterschiedlichen Symptome gemäß ihrer Lokalisation natürlich auch untereinander ($p \leq 0,01$). So klagten Patienten mit proximalen Paresen wie Iliopsoasparese oder Quadricepsparese vornehmlich über Schmerzen und Hypästhesie mit Ausstrahlung entlang des Oberschenkels und des medialen Unterschenkels. Patienten mit Fußheberschwäche berichteten hingegen über Schmerzen im Unterschenkel bis in die Großzehe ziehend.

Seite der Symptomatik

Die Lage des prolabierte Bandscheibengewebes bestimmt maßgebend die Seite der klinischen Symptomatik. Während mediale Diskushernien beidseitige Beschwerden hervorrufen, sind die Symptome bei einseitigen Vorfällen auf eine Seite beschränkt. So überrascht die eindeutige Korrelation von Sequesterlage und Seite der präoperativen Klinik wie Lumboischialgie, Parese, Hypästhesie, Lasègue, Reflexausfall und pathologischem elektrophysiologischen Befund kaum. Interessanter hingegen ist die Korrelation ($p \leq 0,05$) zwischen der Seite der Lumboischialgie und deren Prognose im postoperativen Verlauf. Patienten mit rechtsseitigen präoperativen Schmerzen wiesen eine signifikant bessere Regredienz der Symptome nach drei und sechs Monaten auf.

Für die Symptomatik zum Zeitpunkt der Bildgebung ergab sich neben dem Alter noch ein weiterer Zusammenhang hinsichtlich der präoperativ durchgeführten konservativen Therapie. Diese vorausgesetzt, stellte sich ein Patient mit ausgeprägter Klinik zum Zeitpunkt der Bildgebung als konservativ therapierbar heraus, da er anamnestisch signifikant häufiger ($p \leq 0,01$) angab, zumindest für eine gewisse Zeit durch konservative Maßnahmen erfolgreich behandelt worden zu sein. Patienten, die sich hingegen mit nur milden Symptomen zur Bildgebung vorstellten, hatten zuvor durch jene Maßnahmen kaum Linderung der Beschwerden erfahren.

Lumboischialgie

Im Rahmen dieser Retrospektivanalyse gaben 99% ($n=485$) der Patienten Schmerzen im Bereich der lumbalen Wirbelsäule mit Ausstrahlung in die Extremitäten an, während 1% ($n=5$) lediglich eine Lumbalgie vorzuweisen hatte. Die Ischialgie projizierte sich auf das Dermatom der durch den Bandscheibenvorfall jeweils affizierten Nervenwurzel, wobei die Höhe des Bandscheibenvorfalles erwartungsgemäß mit der Höhe der Lumboischialgie korrelierte ($p \leq 0,01$). So entspricht die Häufigkeitsverteilung der Lumboischialgie, wie sie in der Abbildung 8 zu erkennen ist, auch der des Bandscheibenvorfalles.

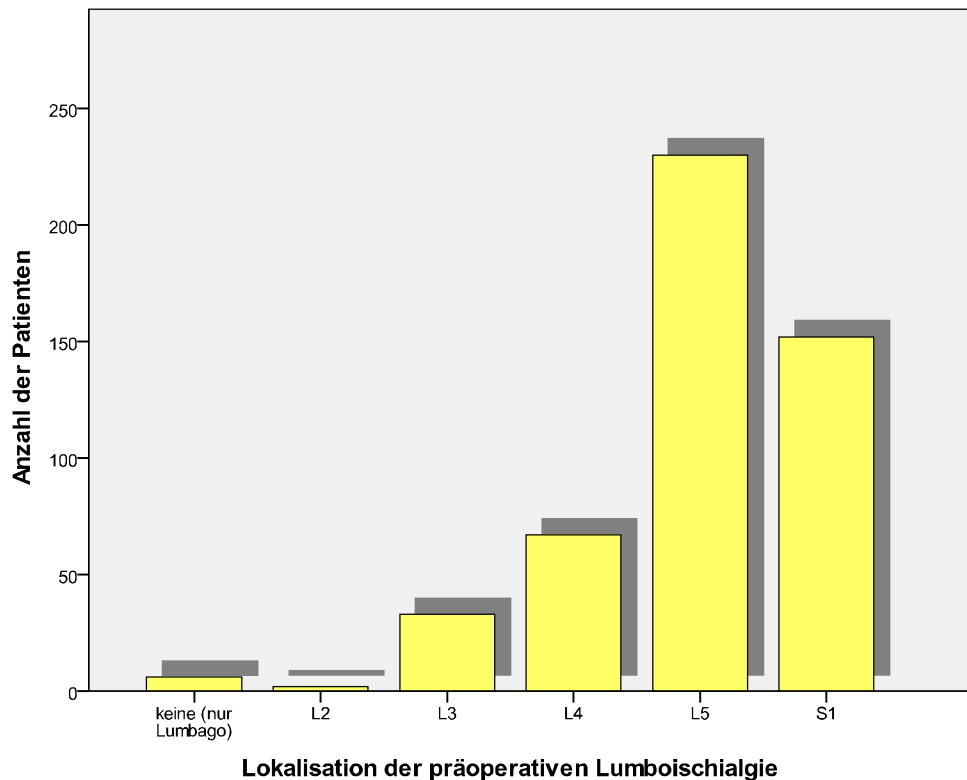


Abb. 8: Lokalisation der präoperativ bestehenden Lumboischialgie; N=490.

Die bereits aufgeführte Beobachtung, dass Pathologien der oberen Lendenwirbelsäule eher eine Domäne der älteren Patienten sind und diese tendenziell gravierendere Paresen mit geringem Kraftgrad aufweisen, lässt die signifikante Korrelation ($p \leq 0,01$) zwischen der Höhe der Lumboischialgie, die allgemein die Höhe der Bandscheibenpathologie markiert, und dem Kraftgrad der präoperativ bestehenden Parese erklären. Auf diese Weise kann auch der deutliche Zusammenhang ($p \leq 0,01$) der Schmerzlokalisierung und der Auslösbarkeit des Zeichens nach Lasègue begründet werden, da wie schon aufgezeigt worden ist, dieses vor allem bei Patienten jüngeren Alters positiv ausfiel. Daraus lässt sich die Beobachtung formulieren, dass ältere Patienten ein ausgeprägtes motorisches Defizit und jüngere Patienten mit eher distal lokalisierten Schmerzen den Test nach Lasègue positiv beantworten.

Sensible Defizite

Das durch einen Bandscheibenvorfall verursachte sensible Defizit kann sich je nach Intensität der Wurzelreizung in Form von Hypästhesie, Hypalgesie, Parästhesie und Hyperästhesie bis hin zur Anästhesie äußern. Im Rahmen der präoperativen klinischen Untersuchung berichteten 65,3% der Patienten (n=320) über Hypästhesie, 1% (n=5) über Hyperästhesie, 5% (n=25) über Parästhesien und zwei Patienten über eine

Gefühlsminderung aufgrund einer Polyneuropathie. Patienten, die im Falle einer Revision mitunter Hypästhesie als postoperative Beschwerden angaben, hatten präoperativ signifikant häufiger Hypästhesien in distalen Dermatomen angegeben. Dies könnte auf eine schlechtere Heilungstendenz distaler gegenüber proximalen sensiblen Defiziten hinweisen ($p \leq 0,05$).

Motorische Defizite

Auf das gehäufte Auftreten bestimmter Paresen in den unterschiedlichen Altersgruppen sowie deren Korrelation mit dem klinischen Befund des Kraftgrades und des Zeichens nach Lasègue wurde bereits eingegangen. Bezüglich der postoperativen Prognose wäre es interessant herauszufinden, welche Paresen bestimmter Muskeln oder welche betroffene Extremität prognostisch die besseren Heilungschancen aufweisen. Die präoperativen Paresen manifestierten sich zu 1% ($n=5$) beidseits, zu 33,7% ($n=165$) linksseitig und zu 24,9% ($n=122$) rechtsseitig, wobei der restliche Teil der Patienten (40,4%; $n=198$) keine motorischen Defizite zu beklagen hatte. Mit Ausnahme der Fußheberparese fügen sich die Paresen aller anderen untersuchten Muskeln der bereits geschilderten Beziehung von Höhe und Alter mit dem Kraftgrad. So imponierte ein motorisches Defizit der Peroneusgruppe mit einem signifikant geringerem Kraftgrad ($p \leq 0,01$) als dies bei anderen Muskeln der distalen unteren Extremität der Fall war. Auch die Regredienz der Fußheberparese war deutlich schlechter als die der anderen Muskeln. So zeigte sich zum Zeitpunkt der Entlassung die schlechteste Heilungstendenz (zum Großteil nur mäßig regredient oder sogar progredient), die sich im weiteren postoperativen Verlauf allmählich der durchschnittlichen Regredienz der anderen Paresen anpasste. Darüber hinaus zeigten rechtsseitige Paresen eine schlechtere Regredienz der Parese im weiteren postoperativen Verlauf ($p \leq 0,05$).

Bei der klinischen Untersuchung konnte die Kraft der relevanten Muskeln abgeschätzt und so anhand der in Tabelle 1 bereits dargestellten Einteilung das motorische Defizit beurteilt werden. Die Häufigkeitsverteilung des Kraftgrades innerhalb der untersuchten Patienten zeigt die Abbildung 9. Unter den Patienten mit einer präoperativen Parese ($N=292$) wiesen 2,4% ($n=7$) einen Kraftgrad von 1, 3,7% ($n=11$) einem Kraftgrad von 2, 27,1% ($n=79$) einen Kraftgrad von 3 und 63,1 % ($n=184$) einen Kraftgrad von 4 auf, wobei 3,7% ($n=11$) keine Angabe zum Kraftgrad lieferten.

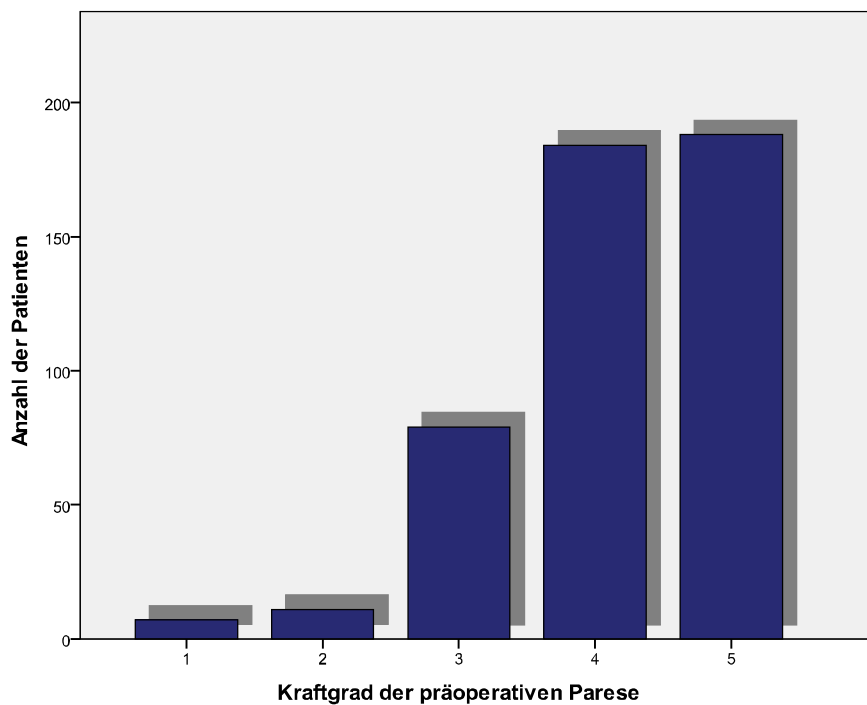


Abb. 9: Kraftgrad der präoperativen Parese; N=292.

Der Kraftgrad einer Parese als Ausdruck der Nervenwurzelirritation korreliert mit anderen klinischen Parametern, die ebenfalls den Grad des Nervenschadens ausdrücken. Bei Patienten mit keinem oder geringem motorischen Defizit konnten die Muskeleigenreflexe meist regelhaft ausgelöst werden, während Patienten mit abgeschwächten oder sogar erloschenen Reflexen signifikant häufiger geringere Kraftgrade aufwiesen ($p \leq 0,01$). Darüber hinaus wurden Patienten mit gravierenden Paresen häufiger elektrophysiologisch untersucht ($p \leq 0,05$) und lieferten dann aber auch signifikant häufiger ($p \leq 0,05$) pathologische Befunde im Vergleich zu den untersuchten Patienten mit mildem motorischen Defizit. Patienten mit gravierenden Paresen hatten anamnestisch eine signifikant ($p \leq 0,01$) kürzere Zeit mit Beschwerden als auch eine deutlich ($p \leq 0,05$) verkürzte Zeit, in der konservative Therapieversuche durchgeführt wurden. Der höchste Anteil an muskulären Defiziten mit einem Kraftgrad schlechter als 4 war in der Gruppe mit einer Beschwerdezeit von unter zwei Wochen zu finden.

Passend zu der altersabhängigen Segmentlokalisation der Bandscheibenvorfälle konnte ein deutlicher Zusammenhang zwischen Kraftgrad und Höhe des Bandscheibenvorfalles ($p \leq 0,01$) als auch zwischen Kraftgrad und Komorbidität des Patienten ($p \leq 0,05$) herausgestellt werden. Bedeutender Kofaktor war in beiden Fällen das Alter des Patienten, mit dem der Kraftgrad abnahm und die Begleiterkrankungen zunahmen. Bei elektiv operierten Patienten konnte nach Abschluss der Diagnostik und Entscheid zur mikrochirurgischen Dekompression bis zum Folgetag gewartet werden, während eine gravierende akute Symptomatik seitens des Patienten eine zeitnahe Operation noch am

selben Tag erforderte. So mussten Patienten mit ausgeprägt vermindertem Kraftgrad deutlich ($p \leq 0,01$) häufiger im Dienst oder auch nachts operiert werden. Kein anderer präoperativer Faktor hat neben der Symptomatik zum Zeitpunkt der Bildgebung ($p \leq 0,01$) eine solch große Bedeutung für die Dringlichkeit der Operation, auch nicht das Ergebnis der Bildgebung selbst. Des Weiteren stellte ein ausgeprägtes motorisches Defizit einen Risikofaktor für postoperative Komplikationen ($p \leq 0,01$), für ein pathologisches postoperatives Ergebnis elektrophysiologischer Kontrolluntersuchungen ($p \leq 0,01$) als auch für eine schlechtere Regredienz der Parese zum Zeitpunkt der Entlassung ($p \leq 0,01$) und im zeitlichen Rahmen der Nachkontrollen dar. Zieht man bezüglich der Intensität der präoperativen Symptomatik zum Kraftgrad der Parese noch weitere Faktoren wie Miktionsstörung, Reithosenanästhesie oder unerträgliche Schmerzen hinzu, ergibt sich wiederum eine bessere Regredienz der Parese bei Entlassung.

Reflexstatus

Bei der klinischen Untersuchung kann anhand der Auslösbarkeit des für die jeweilige Nervenwurzel spezifischen Muskeleigenreflexes auf den Reizzustand der Wurzel geschlossen werden. Wie aus Abbildung 10 hervorgeht, konnten bei 49,2% (n=241) der Patienten alle relevanten Reflexe der unteren Extremität beidseits ausgelöst werden. 23,5% der Patienten (n=115) zeigten abgeschwächte Reflexe, während bei 17,5% (n=86) die jeweiligen Reflexe erloschen waren und für 48 Patienten keine Information über den Reflexstatus vorlag.

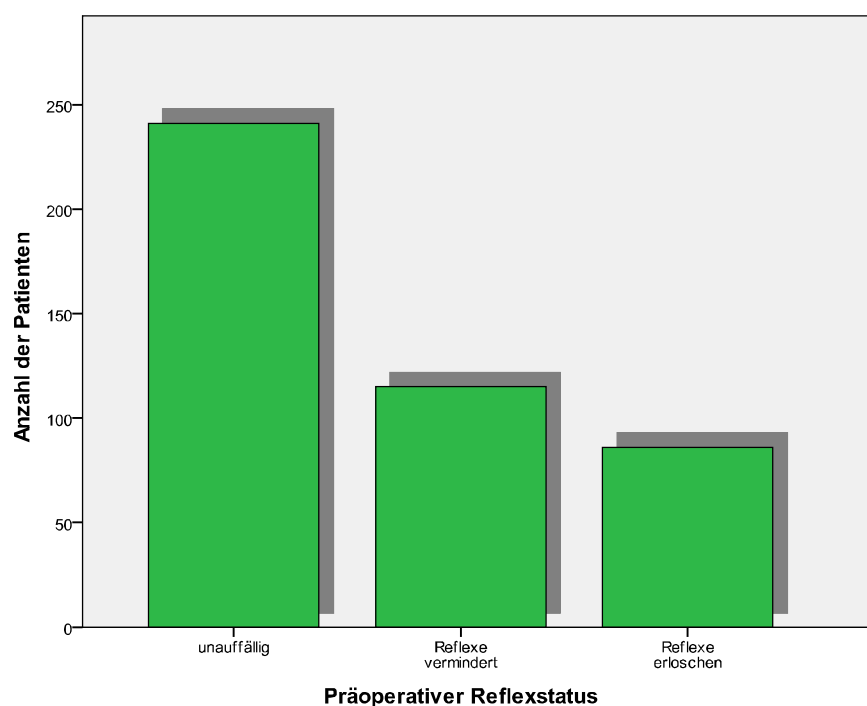


Abb. 10: Präoperativer Reflexstatus; N=442.

Als Ausdruck für den durch Kompression verursachten Nervenschaden stand der Reflexausfall in eindeutigem Zusammenhang mit Umfang und Intensität der gesamten präoperativen Symptomatik ($p \leq 0,01$). Patienten mit präoperativer Reflexabschwächung oder gar Reflexausfall wurden auch postoperativ teilweise von diesem Defizit begleitet ($p \leq 0,01$), wobei diese Pathologie im Verlauf eine gute Heilungstendenz zeigte.

Zeichen nach Lasègue

Zu jeder klinischen Untersuchung gehört auch das Zeichen nach Lasègue, welches ebenfalls den Reizzustand der Nervenwurzel anzeigt. Wie die Abbildung 11 demonstriert, reagierte das vorliegende Patientengut in 1,6% der Fälle ($n=8$) bereits bei einer Hüftflexion von unter 10° mit einer Schmerzäußerung. Bei 24,7% ($n=121$) war das Zeichen bei spätestens 30° positiv, in 24,1% der Fälle ($n=118$) zwischen 31° und 50° , bei 15,9% ($n=78$) zwischen 51° und 70° und bei 10,2% ($n=50$) lediglich endgradig positiv. Während bei 7,6% ($n=37$) das Zeichen nach Lasègue beidseits negativ ausfiel, präsentierten 4,5% ($n=22$) ein positives Femoralisdehnungszeichen. Für 56 Patienten konnte hier keine Information gewonnen werden.

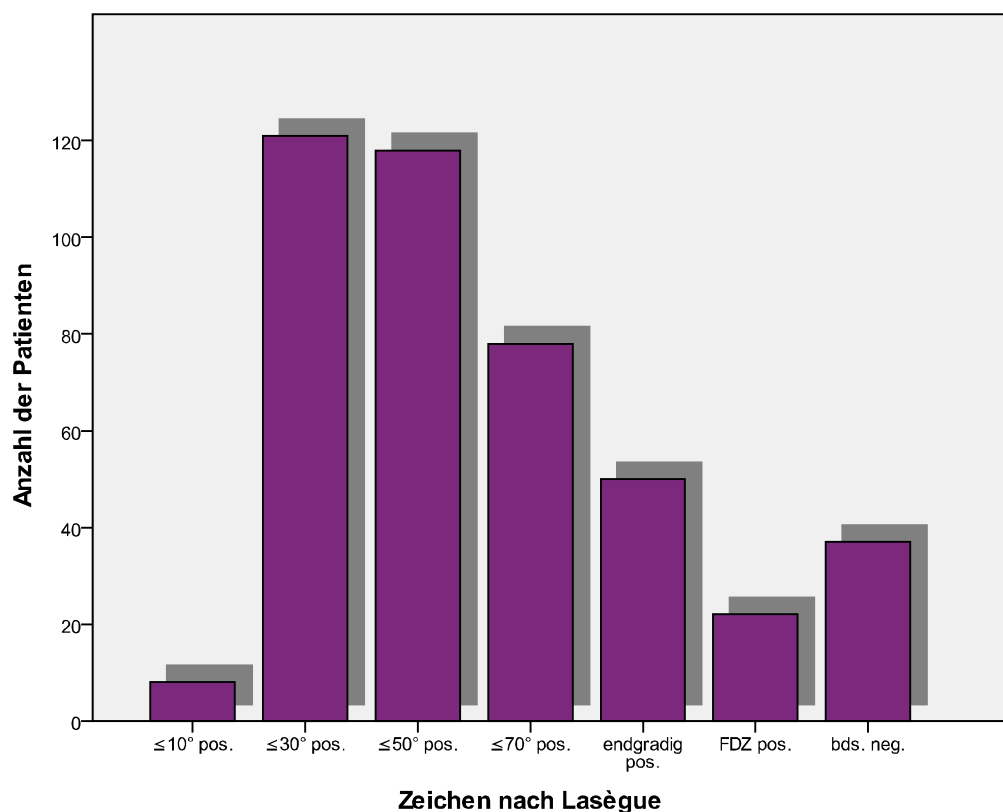


Abb. 11: Auslösbarkeit des Zeichens nach Lasègue; N=434.

Da in dieser Analyse Bandscheibenvorfälle vermehrt linksseitig nervale Strukturen komprimierten, war auch das Zeichen nach Lasègue mit 41,6% der Fälle ($n=204$)

vermehrt linksseitig positiv. Rechtsseitig war es zu 32,2% (n=158) und beidseits zu 7,1% (n=35) auslösbar. Dabei hatte die Seite für sich keinen Einfluss auf die generelle Auslösbarkeit. Bei beidseitigem Lasègue war dieser jedoch signifikant häufiger ($p \leq 0,01$) bei bereits geringen Gradzahlen auslösbar, was letztlich in einer intensiven Nervenreizung gründet. Die bereits erwähnte Beobachtung, dass jüngere Patienten sensibler auf diesen Test reagierten, geht konform mit dem Zusammenhang, der sich zwischen dem Ergebnis dieses Testes und der Wirbelsäulendegeneration sowie Komorbidität des Patienten ergab. Unter den Patienten mit nur mäßiger oder gar keiner Reaktion auf den Test war der Anteil an komorbiden Patienten mit zusätzlicher Wirbelsäulenpathologie deutlich höher ($p \leq 0,01$), woraus man auf eine gehobene Altersstruktur dieser Gruppe schließen kann. Ähnlich dem Reflexausfall hatten Patienten mit präoperativ positivem Lasègue diesen auch im postoperativen Verlauf aufzuweisen, wobei auch hier eine klare Heilungstendenz bestand ($p \leq 0,01$). So reagierten nach einem Jahr nur noch 3,6% (n=18) der Patienten positiv innerhalb von 70° Hüftbeugung, während es nach sechs Wochen noch 8% (n=39) waren.

Chronischer Rückenschmerz

Im Rahmen der Anamnese wurden die Patienten neben der Lumboischialgie als relativ akute Symptomatik auch nach einem chronischen Rückenschmerz befragt, der zusätzlich Hinweis auf eine schon seit längerem bestehende Wirbelsäulendegeneration sein kann. Diese Angabe machten 17,3% (n=85) der Patienten. Es zeigte sich, dass diese Patienten präoperativ eine geringere Einschränkung des Kraftgrades ($p \leq 0,05$), eine längere Zeit mit Beschwerden beziehungsweise mit konservativen Therapieversuchen ($p \leq 0,01$) und häufiger Begleiterkrankungen ($p \leq 0,01$) aufwiesen sowie zum Zeitpunkt der Entlassung weniger häufig einen lokalen Rückenschmerz beklagten ($p \leq 0,05$). Nach sechs Monaten gaben diese Patienten jedoch vermehrt Beschwerden im Sinne einer Lumbalgie an ($p \leq 0,05$).

Bildgebende Diagnostik

Als Ergänzung zu Anamnese und klinischer Untersuchung erhielt jeder Patient eine bildgebende Untersuchung zur Bestätigung der Diagnose und Segmentlokalisierung. 98,6% der Patienten (n=483) wurden mittels Kernspintomographie untersucht. Bei 1,4% (n=7) wurde aufgrund des Vorliegens einer Kontraindikation für eine MRT (Schrittmacher, inkorporierte Metallsplinter, Klaustrophobie) eine Computertomographie durchgeführt.

Elektrophysiologische Diagnostik

Die elektrophysiologische Untersuchung im Sinne einer weiterführenden Diagnostik sollte bei bestehendem differentialdiagnostischen Klärungsbedarf und der Notwendigkeit einer Objektivierung des Nervenschadens hinsichtlich Lokalisation und Chronizität hinzugezogen werden. Sie wurde bei 42% (n=206) der Patienten durchgeführt, welche eher männlich waren und eine Parese mit geringerem Kraftgrad aufwiesen. Von den elektrophysiologisch untersuchten Patienten zeigten 78% (n=161) ein pathologisches Ergebnis und lieferten damit eine Bestätigung des Verdachtes einer manifesten Nervenschädigung. Daher stellt sich die Frage, welche klinische Konsequenz aus dieser Kenntnis resultiert. Während Patienten mit unauffälligem Untersuchungsergebnis keine sekundäre Spondylodese benötigten, war das Risiko bei Pathologie der Elektrophysiologie deutlich erhöht ($p \leq 0,05$), wobei 36,4% dieser Patienten (n=8) im weiteren postoperativen Verlauf sekundär versteift wurden. Die verschiedenen elektrophysiologischen Teiluntersuchungen ergaben dabei folgende Ergebnisse: Die somatosensorisch evozierten Potentiale waren in 37% (n=73) der Fälle, die motorisch evozierten Potentiale in einem Fall, die Elektroneurographie in drei Fällen und die Elektromyographie in 95,8% (n=138) der Fälle auffällig. Der Großteil der elektromyographisch untersuchten Patienten (50%; n=72) hatte dabei Pathologien an der linken Extremität, 37,5% (n=54) an der rechten Extremität und 8,3% (n=12) beidseits, was der generellen Seitenpräferenz des lumbalen Bandscheibenvorfalles entsprach ($p \leq 0,01$). Mit Hilfe dieser Methode war bei 144 Patienten ein Hinweis auf die Chronizität der Nervenschädigung zu gewinnen. Wie aus der Abbildung 12 hervorgeht, präsentierten 9% dieser Patienten (n=13) mittelgradig aktive Denervierungszeichen, 2,7 % (n=4) leichtgradig aktive, 5% (n=7) hochgradig chronische, 45,8% (n=66) mittelgradig chronische und 33,3% (n=48) leichtgradig chronische Denervierungszeichen. Sechs Patienten (4,2%) lieferten einen beidseitigen Normalbefund.

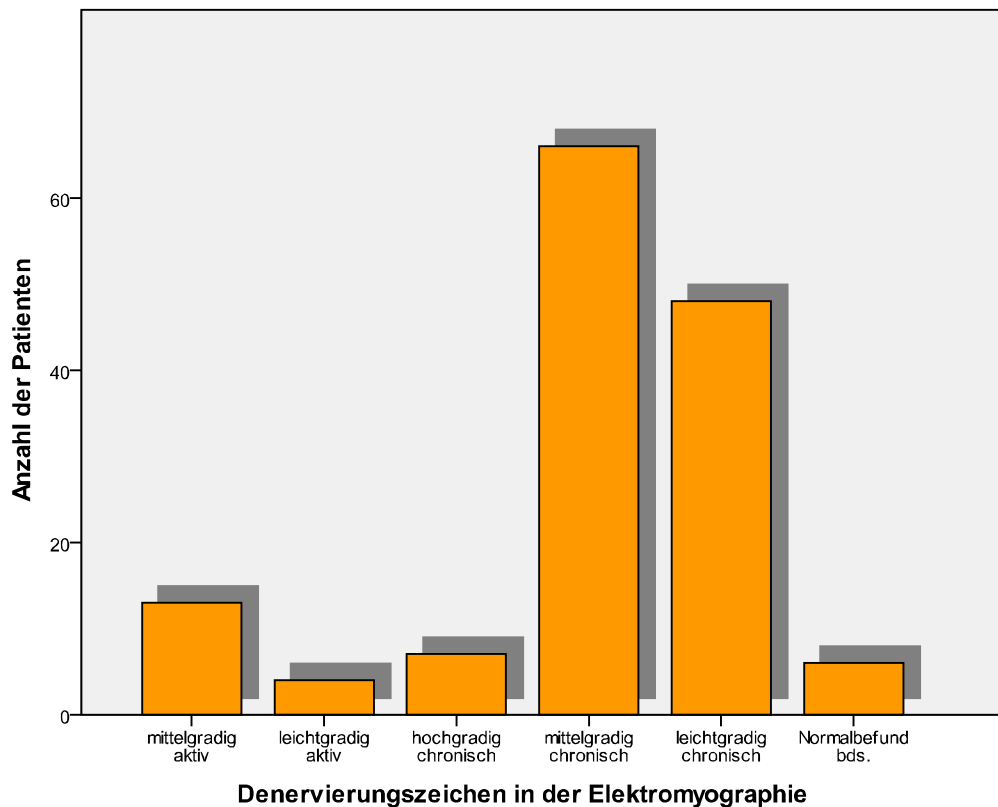


Abb. 12: Denervierungszeichen in der elektromyographischen Untersuchung; N=144.

Die Frage nach präoperativ vorhandenen aktiven und chronischen Denervierungszeichen stellt eine für den postoperativen Verlauf bedeutsame Determinante dar. Der Anteil an nicht elektiven Operationen war in der Gruppe mit mittelgradig akuten als auch mit hochgradig chronischen mit bis zu 30% am höchsten ($p \leq 0,05$). Im postoperativen Verlauf stellt sich ein weiterer Zusammenhang dar. Für die Gruppe mit mittel- und leichtgradig aktiven Denervierungszeichen ergab sich die beste Regredienz der Lumboischialgie bei Entlassung ($p \leq 0,05$). Die Chronizität des in der Elektromyographie nachgewiesenen Nervenschadens steht in einer deutlichen Beziehung ($p \leq 0,01$) mit der postoperativen Wiedervorstellungsrate nach sechs Monaten und einem Jahr. Je aktiver und höhergradiger sich die nervale Läsion präoperativ präsentierte, desto häufiger konsultierten jene Patienten die neurochirurgische Ambulanz und unterzogen sich dann auch umso häufiger erneuten elektrophysiologischen Kontrollen ($p \leq 0,05$). Während aktive Denervierungszeichen sich nach sechs Wochen noch als vollständig pathologisch und nach einem Jahr schließlich zu 50% regredient darstellten, zeigten chronische Zeichen nach sechs Wochen als auch nach einem Jahr ein nur mäßiges Rückbildungspotential. Des Weiteren steht die Chronizität des Nervenschadens in Beziehung ($p \leq 0,05$) zur Anzahl der Revisionsoperationen. Patienten mit einer Revisionsoperation im postoperativen Verlauf wiesen, falls untersucht ($n=11$), vermehrt chronische, aber auch aktive Denervierungszeichen auf. Hingegen hatten die beiden

untersuchten Patienten mit zwei Revisionsoperationen ausschließlich mittelgradig aktive Zeichen in der präoperativen Elektrophysiologie aufgewiesen.

5.3 Vorgeschichte

In Anbetracht der Tatsache, dass nur 15% der diagnostizierten Bandscheibenvorfälle operiert werden (Reichel et al. 2000) und eine deutliche Mehrheit sich durch konservative Maßnahmen auf ein dauerhaft erträgliches Niveau der Beschwerden überführen lässt, sollte man im Rahmen der Anamnese genau eruieren, wie lange die Beschwerden schon bestehen, wie lange und in welcher Form ein konservativer Therapieversuch unternommen wurde und in welchem Maße sich die Beschwerden, wenn auch nur kurzfristig, daraufhin besserten. Scheint das Repertoire konservativer Möglichkeiten noch nicht ausreichend ausgeschöpft und erfordert die klinische Symptomatik keine dringliche chirurgische Intervention, sollte der Patient weiterhin konservativ behandelt, gegebenenfalls auch einer intensivierten stationären Therapie zugeführt werden. Daher wurde beim vorliegenden Patientengut die Beschwerdezeit als auch die Dauer der konservativen Therapie dokumentiert.

Die Diagnose des lumbalen Bandscheibenvorfalles wurde in 62,9% (n=308) der Fälle stationär und zu 37,1% (n=182) ambulant durch niedergelassene Fachärzte gestellt.

Beschwerdezeit

In der Abbildung 13 ist die Dauer der Zeit mit Beschwerden dargestellt. Die meisten Patienten gaben eine Beschwerdezeit von höchstens zwei Wochen (25,3%; n=124) oder drei Monaten (10,4%; n=100) an. Die mittlere Dauer betrug maximal drei Monate. Darüber hinaus litten 13,1% (n=64) der Patienten für längstens einen Monat an ihren Beschwerden, 12,2 % (n=60) für sechs Monate, 7,1% (n=35) für ein Jahr, 15,1% (n=74) für drei Jahre, 3,5% (n=17) für sechs Jahre, 1,6% (n=8) für höchstens zehn Jahre und die gleiche Anzahl länger als zehn Jahre.

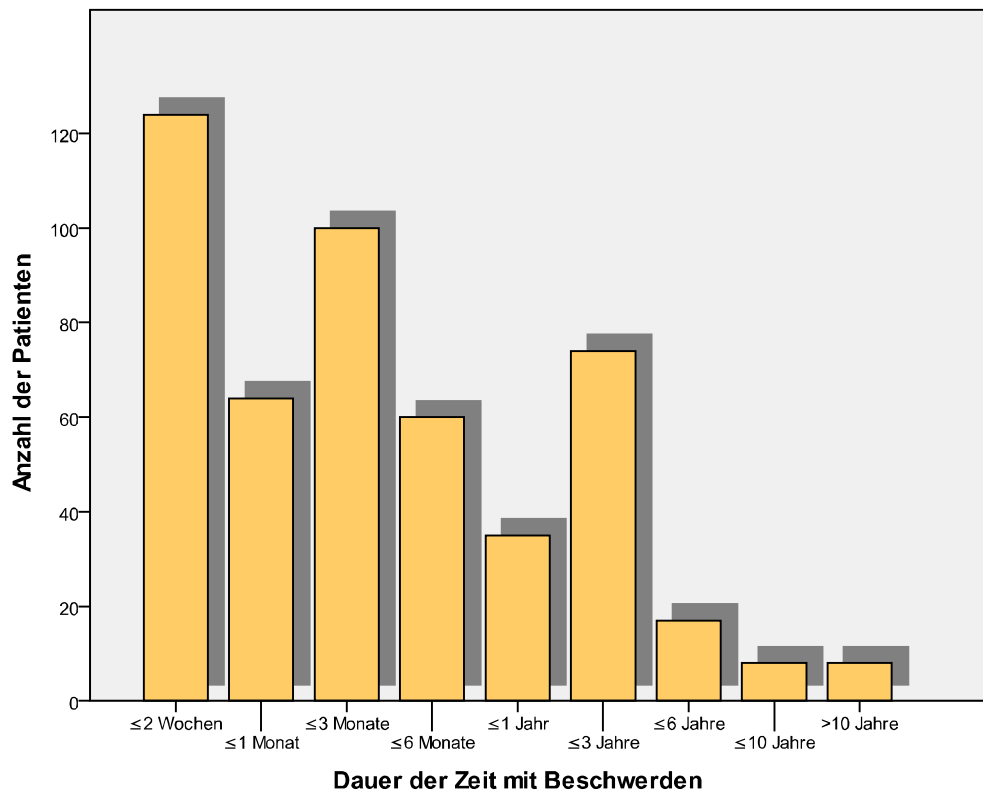


Abb. 13: Dauer der präoperativen Zeit mit Beschwerden; N=490.

Als besondere intraoperative Maßnahme wurde die epidurale Fettplastik deutlich häufiger ($p \leq 0,05$) bei Patienten mit mittlerer Beschwerdedauer und weniger bei Patienten mit extrem kurzer (unter zwei Wochen) oder extrem langer (über drei Jahre) Dauer durchgeführt. Mit zunehmender Beschwerdezeit erhöhte sich bei postoperativ elektrophysiologisch untersuchten Patienten auch der Anteil pathologischer Befunde zum Zeitpunkt von drei Monaten ($p \leq 0,05$) und die Schmerzsymptomatik zum Zeitpunkt der Entlassung zeigte deutlich weniger eine vollständige Regredienz ($p \leq 0,05$).

Konservative Zeit

Die Abbildung 14 zeigt die Dauer der konservativen Zeit für das vorliegende Patientengut. So berichtete ein Großteil der Patienten, für maximal zwei Wochen (16,9%; n=83) oder drei Monate (15,9%; n=78) konservative Therapieversuche unternommen zu haben. Bei den anderen Patienten dauerte die konservative Therapie längstens einen Monat (11%; n=54), sechs Monate (8,5%; n=39), ein Jahr (5,1%; n=25), drei Jahre (5,5%; n=27), sechs Jahre (1,2%; n=6), zehn Jahre (0,6%; n=3) oder zu 0,4% (n=2) länger als zehn Jahre. Im Mittel dauerte die konservative Zeit längstens drei Monate. 8,4% der Patienten (n=41) hatten nie einen konservativen Therapieversuch unternommen; für 26,9% der Patienten (n=132) konnte diesbezüglich keine Information gewonnen werden.

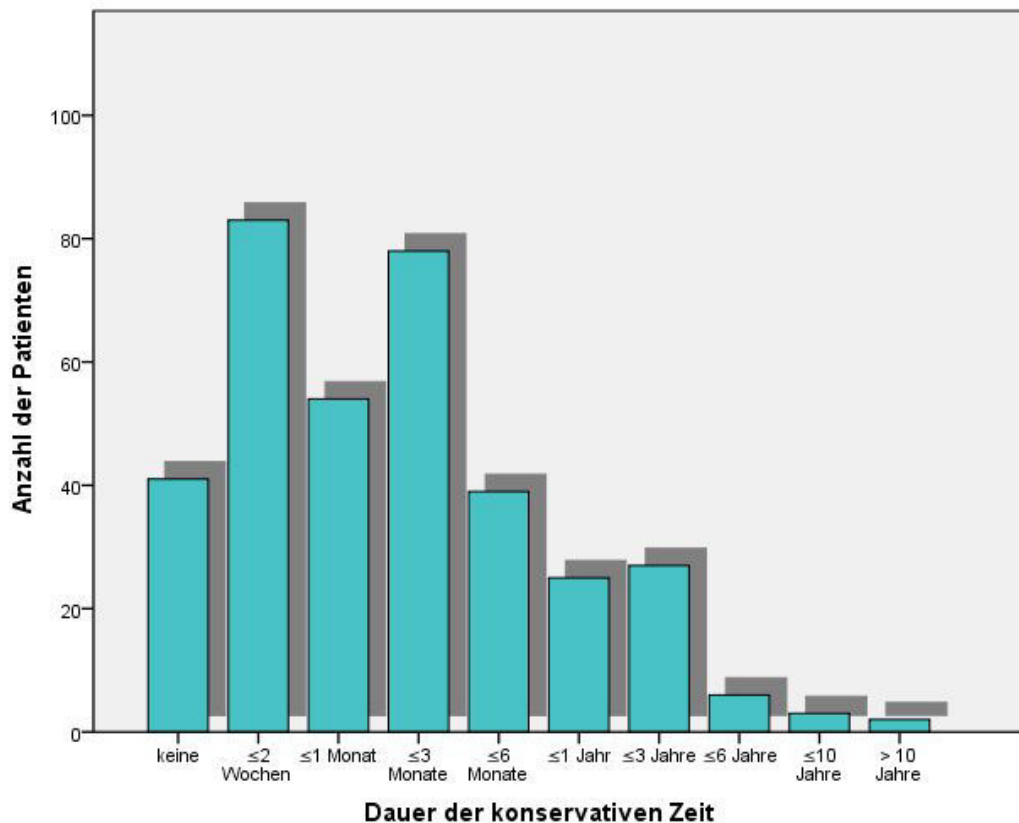


Abb. 14: Dauer der präoperativen konservativen Zeit; N=358.

Eine erwartete Korrelation der konservativen Zeit mit der Beschwerdezeit bestätigte sich auf dem Signifikanzniveau von $p \leq 0,01$. Da in der vorliegenden Studie Patienten hinsichtlich ihrer operativen Therapie rekrutiert wurden, ist das Versagen konservativer Therapiemaßnahmen in dieser Patientengruppe offensichtlich. Während die Hälfte der Patienten ($n=245$) gar keinen Nutzen hinsichtlich Beschwerdebesserung sahen, konnten zumindest 16,5% der Patienten ($n=81$) über einen beschränkten Zeitraum von konservativen Maßnahmen profitieren. Dieser zeitlich begrenzte Erfolg konservativer Therapiemaßnahmen fand sich umso häufiger ($p \leq 0,01$), je länger die Maßnahmen durchgeführt wurden und je länger entsprechende Symptome schon bestanden. Patienten ohne konservativen Therapieerfolg hatten deutlich kürzere Beschwerde- und Therapiezeiten aufzuweisen. Aus der Dauer der konservativen Zeit lässt sich eine Prognose für die Rückbildung der Schmerzen ableiten ($p \leq 0,05$). Je länger diese Zeit dauerte, desto schlechter war die Heilung der Lumboischialgie zum Zeitpunkt der Entlassung und nach sechs Monaten. Patienten ohne konservative Zeit wurden signifikant häufiger ($p \leq 0,05$) nicht elektiv operiert, da eine gravierende klinische Symptomatik meist keinen konservativen Therapieversuch mehr zulässt.

Konservative Therapieversuche

Die Möglichkeit einer intensivierten stationären Therapie mit Durchführung gezielter konservativer schmerz- und physiotherapeutischer Maßnahmen nahmen 6,1% (n=30) der Patienten wahr. Eine periradikuläre Injektionstherapie erhielten 4,3% (n=21) der Patienten, vornehmlich im Rahmen ambulanter Therapiemaßnahmen. Unter den stationär konservativ behandelten Patienten fand sich ein deutlich höherer Anteil (43%) an zunächst erfolgreicher Therapie als unter der ambulanten Therapie (23%). Auch für die periradikuläre Therapie zeigte sich ein besserer Therapieerfolg (48% befristete Erfolgsrate) im Vergleich zur konservativ (jedoch ohne PRT) behandelten Vergleichsgruppe, in der eine vorübergehende Besserung der Beschwerden nur in 23% der Fälle erreicht wurde ($p \leq 0,05$). Für diese Gruppe des konservativen Teilerfolges ergab sich postoperativ zum Zeitpunkt der Entlassung jedoch eine schlechtere Heilungstendenz der Lumboischialgie. Da diese signifikante Korrelation ($p \leq 0,05$) im weiteren Verlauf nicht mehr nachgewiesen werden konnte, ist von einer nur kurzfristigen Reduktion des Rückbildungspotentials präoperativer Symptome auszugehen.

Voroperationen

Voroperationen in der Anamnese des Patienten gaben einen wertvollen Hinweis auf progrediente degenerative Veränderungen der Bandscheiben, der sie umgebenden ligamentären Strukturen als auch der gesamten Wirbelsäule als multifunktionelles Konstrukt. So wurden 9,6% der Patienten (n=47) zuvor bereits an den Bandscheiben operiert, was die Tabelle 3 darstellt. Dieser chirurgische Eingriff lag durchschnittlich drei bis sechs Jahre zurück. Bei 6,4% (n=3) waren nur drei Monate seit dem letzten Eingriff vergangen, bei weiteren 6,4% der Patienten ein Jahr, bei 23,4% (n=11) drei Jahre, bei 21,3 % (n=10) sechs Jahre, bei weiteren 23,4% (n=11) zehn Jahre und schließlich bei 19,1% (n=9) über zehn Jahre.

Zeitpunkt der Voroperation	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
≤ 3 Monate	3	6,4
≤ 1 Jahr	3	6,4
≤ 3 Jahre	11	23,4
≤ 6 Jahre	10	21,3
≤ 10 Jahre	11	23,4
> 10 Jahre	9	19,1
Gesamt	47	100

Tab. 3: Zeitpunkt der Voroperation; N=47.

Des Weiteren wurden Patienten mit solch einer Anamnese signifikant häufiger ($p \leq 0,01$) von Oberärzten beziehungsweise Fachärzten in Hauptverantwortung operiert. Erwartungsgemäß stellte sich auch die Revisionsrate nach der Operation ($p \leq 0,05$) und das Risiko ein Postdissektomiesyndrom ($p \leq 0,01$) bei bereits voroperierten Patienten als signifikant erhöht heraus. Eine in der Vorgeschichte bereits klinisch manifestierte Wirbelsäulendegeneration birgt ein erhöhtes Risiko, nach der Operation erneut Rezidive oder Symptome im Rahmen des Postdissektomiesyndroms zu erleiden. In der Anamnese des Patienten galt es, neben der zeitlichen Dimension der Bandscheibendegeneration auch unbedingt deren Lokalisation zu eruieren, um eine bewertende Einteilung in „echte Rezidive“ und „Pseudorezidive“ vornehmen zu können. Bei letzterem handelt es sich um einen erneut auftretenden Vorfall auf der anderen Seite desselben Segmentes oder in einem anderen Segment (Krämer et al. 2005a). So wiesen 34% (n=16) der voroperierten Patienten ein „echtes Rezidiv“ an derselben Stelle, 10,6% (n=5) auf der anderen Seite und 46,8% (n=22) einen Vorfall in einem anderen Segment auf. 6,4% (n=3) der Patienten hatten bereits eine posteriore lumbale interkorporelle Fusion in anderer Höhe erhalten. Einem Patienten war zuvor eine zervikale Spondylodese implantiert worden. Da lumbale Bandscheibenvorfälle bevorzugt in den Segmenten LWK 4/5 als auch LWK 5/SWK 1 vorkommen, waren in diesem Bereich erwartungsgemäß häufig auch die „echten Rezidive“ zu finden ($p \leq 0,01$), während „Pseudorezidive“ die gesamte lumbale Wirbelsäule befallen können. Patienten mit bildmorphologisch erwiesener progredienter Wirbelsäulendegeneration fanden sich besonders in den Gruppen mit „Pseudorezidiv“ und Spondylodese wieder ($p \leq 0,05$), für die Ausbildung eines echten Rezidives spielten sie aufgrund fehlender Korrelation keine Rolle. Neben der Tatsache, dass Rezidive generell weniger von Assistenzärzten in Hauptverantwortung operiert wurden, findet sich vor allem bei den echten Rezidiven, die aufgrund vermehrter Narbenbildung einer größeren

Erfahrung seitens des Operators bedürfen, ein signifikant erhöhter Anteil operierender Oberärzte beziehungsweise Fachärzte. So ist der Anteil hauptverantwortlich operierender Assistenzärzte bei Patienten mit „Pseudorezidiven“ und Spondylodesen (33%; n=10) deutlich höher ($p \leq 0,05$) als bei Patienten mit jenem „echten Rezidiv“ (3,3%; n=1).

5.4 Befund

Lokalisation des Bandscheibenvorfalles

Hinsichtlich der Häufigkeit der Bandscheibenvorfälle in den jeweiligen Segmenten entsprach das vorliegende Patientengut den Erwartungen, was die Abbildung 15 demonstriert. So hatte die Mehrheit der Patienten eine Diskushernie in den Segmenten LWK 4/5 (40,8%; n=200) oder LWK 5/SWK 1 (41,2%; n=202) aufzuweisen, während die Segmente LWK 3/4 mit 13,7% (n=67), LWK 2/3 mit 3,9% (n=19) und LWK 1/2 mit 0,4% (n=2) deutlich seltener betroffen waren.

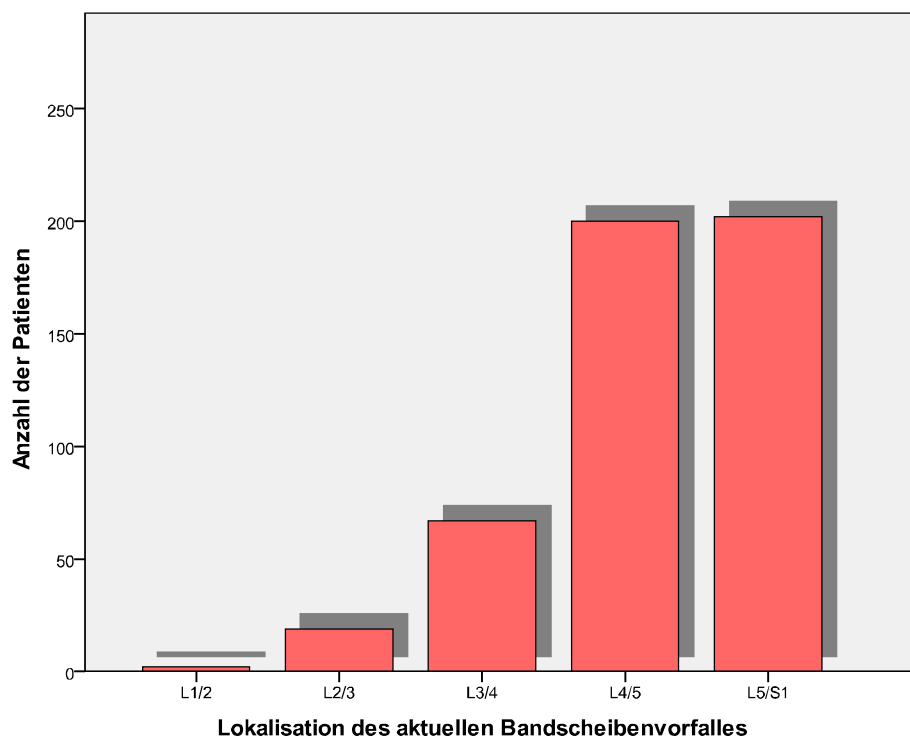


Abb. 15: Lokalisation des aktuellen Bandscheibenvorfalles; N=490.

Entsprechend der bereits geschilderten Beobachtung, dass die obere Lendenwirbelsäule eine Domäne der älteren Patienten darstellt, waren Bandscheibenvorfälle der höheren Segmente (L1/2 bis L3/4) signifikant häufiger ($p \leq 0,01$) mit bildmorphologisch bestätigter Wirbelsäulendegeneration wie Osteochondrose und Spondylarthrose als auch Komorbidität seitens des Patienten assoziiert. Bezüglich des operativen Eingriffes ergaben sich signifikante höhenspezifische Unterschiede. So wurden in der Mehrzahl der

Eingriffe freie Sequester als auch erreichbares Restmaterial der Bandscheibe im Intervertebralraum entfernt. Alleinige Sequesterentfernungen waren generell seltener, machten in der oberen Lendenwirbelsäule jedoch bis zu 50% der Eingriffe aus ($p \leq 0,01$). In den unteren Segmenten (L4/5 und L5/S1) wurde eine epidurale Fettplastik zu einem größeren Anteil als weiter kranial durchgeführt ($p \leq 0,01$). Eine Hemilaminektomie als Ausdruck eines erschwerten Zuganges zur diskalen Ebene wurde in den oberen Segmenten, wo eben andere anatomische Verhältnisse herrschen, deutlich häufiger ($p \leq 0,01$) als in den kaudalen Segmenten durchgeführt. Somit wurde auch eine in den oberen Segmenten signifikant verlängerte Operationsdauer festgestellt ($p \leq 0,01$). Bandscheibenvorfälle der unteren Segmente zeigten signifikant bessere Ergebnisse im postoperativen Verlauf ($p \leq 0,01$). Deren Heilungstendenz war besonders erhöht bezüglich der Schmerzen zum Zeitpunkt der Entlassung und der Parese im gesamten postoperativen Verlauf. Sensible Defizite wiesen hingegen bei Diskushernien der oberen Segmente nach drei und sechs Monaten eine bessere Rückbildung auf ($p \leq 0,05$). Es konnte zwar kein erhöhtes Risiko für ein Postdiskektomiesyndrom aufgrund einer bestimmten Bandscheibenhöhe gefunden werden, doch im Falle der Notwendigkeit der sekundären Implantation einer Spondylodese wurden obere Segmente deutlich früher auf diese Art versorgt als weiter kaudal gelegene ($p \leq 0,05$). Darüber hinaus wurde im Falle eines Postdiskektomiesyndroms das Segment LWK 3/4 am häufigsten in Form einer Versteifung therapiert (50%), während der Anteil der Spondylodese an der Therapie dieses Syndroms in den unteren Segmenten deutlich kleiner war (durchschnittlich 35%).

Die Seite der Lokalisation des Bandscheibenvorfalles bestimmte maßgebend die Seite der klinischen Symptomatik. Wie der Tabelle 4 zu entnehmen, wies das vorliegende Patientengut zu 53,1% ($n=260$) eine linksseitige, zu 45,5% ($n=223$) eine rechtsseitige, zu 0,6% ($n=3$) eine beidseitige und zu 0,8% ($n=4$) eine mediane Sequesterlage auf. Die Lage des Bandscheibenvorfalles kann darüber hinaus hinsichtlich der Ebenen unterteilt werden. Diese erwies sich in 43,9% der Fälle ($n=215$) als diskal, in 36,1% ($n=177$) der Fälle als kaudal beziehungsweise infradiskal, in 19,4% ($n=95$) der Fälle als kranial beziehungsweise supradiskal und in 0,6% ($n=3$) als supra- und infradiskal. Bei Patienten mit beidseitiger oder medialer Sequesterlage ließen sich deutlich häufiger ($p \leq 0,05$) degenerative Veränderungen der Wirbelsäule anhand der bildgebenden Diagnostik nachweisen. Hinsichtlich der Operationsdauer konnte ebenfalls ein deutlicher Unterschied ($p \leq 0,01$) gesehen werden: Mediale Bandscheibenvorfälle erforderten eine deutlich längere Operationsdauer (Mittelwert: 95 Minuten) als seitenbetonte Vorfälle (Mittelwert: 74 Minuten). Für rechtsseitige Diskushernien fiel eine bessere Regredienz der radikulären Schmerzsymptomatik nach drei Monaten auf. Unter den Patienten, die im postoperativen

Verlauf Beschwerden aufgrund eines Postdiskektomiesyndroms beklagten, erhielten jene mit kranialer Sequesterlage deutlich häufiger sekundäre Spondylodesen im Rahmen der Therapie dieses Syndroms.

Sequesterlage	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
<i>Nach Ebenen</i>		
supradiskal, kranial	95	19,4
diskal	215	43,9
infradiskal, kaudal	177	36,1
supra- u. infradiskal	3	0,6
<i>Nach Zonen</i>		
medial	4	0,8
paramedial	454	92,7
lateral	32	6,5
<i>Nach Seiten</i>		
medial	4	0,8
links	260	53,1
rechts	223	45,5
beidseits	3	0,6

Tab. 4: Lage des Bandscheibenvorfalles nach Ebenen, Zonen und Seiten; N=490.

Wie schon erwähnt worden ist, konnte eine Geschlechtsspezifität bei den extraforaminalen als auch intra- und extraforaminalen Bandscheibenvorfällen zu Gunsten der Männer gefunden werden ($p \leq 0,05$). Es konnte eine gewisse Höhenpräferenz der unterschiedlichen Lagen dokumentiert werden ($p \leq 0,01$). Da ein Bandscheibenvorfall einer definierten Höhe stets eine Lumboischialgie im entsprechenden Dermatom auslöst, korrelieren diese gleichermaßen mit der zonalen Lokalisation des Sequesters. So waren intrakanalikuläre Vorfälle in allen Segmenten zu finden, wobei die bekannte Häufung in den Segmenten LWK 4/5 und LWK 5/SWK 1 bestand. Intraforaminale Sequester zeigten eine Häufung im Segment LWK 4/5 und extraforaminale im Segment LWK 3/4. Sequester, die sich intra- als auch extraforaminal befanden, zeigten wiederum eine normale Verteilung ähnlich den intrakanalikulären. Entsprechend dieser Korrelation bestand auch eine Beziehung zwischen Sequesterlage und der Höhe der durch diese Kompression entstandenen Parese. Somit überwogen bei eher kranial lokalisierten extraforaminalen Vorfällen Iliopsoas- und Quadricepspareesen ($p \leq 0,01$), während intraforaminale vermehrt

Fußheber-, und Fußsenkerpareesen hervorriefen ($p \leq 0,05$). Des Weiteren bestand eine deutliche Korrelation zwischen Sequesterlage und der Auslösbarkeit des Zeichens nach Lasègue ($p \leq 0,01$). Während extraforaminale Lagen eher ein positives Femoralisdehnungszeichen erzeugten, zeigten sich intraforaminale Diskushernien eher unempfindlich gegenüber der Nervendehnung, die durch diesen Test erzeugt werden sollte. Daher scheint der Test nach Lasègue ausschließlich intrakanalikuläre Vorfälle ausreichend abzubilden. Unter den Patienten mit einem intraforaminalen Vorfall war der Anteil derer, die über chronischen Rückenschmerz in der Vorgeschichte berichteten, mit 40% deutlich höher als bei anderen Sequesterlagen ($p \leq 0,05$). Patienten, die im Rahmen der präoperativen konservativen Therapie eine periradikuläre Therapie erhalten hatten, zeigten signifikant häufiger extraforaminale Sequesterlagen ($p \leq 0,05$). Alle elektrophysiologisch untersuchten Patienten mit extrakanalikulärer Lage des Vorfalles präsentierten ein pathologisches Ergebnis ($p \leq 0,05$), obwohl sie nicht signifikant häufiger für diese Untersuchung ausgewählt wurden. Des Weiteren zeigten die verschiedenen Sequesterlagen eindeutige Präferenz für die Richtung der vertikalen Dislokation ($p \leq 0,05$). Während intrakanalikuläre Diskushernien die diskale Ebene gegenüber der Dislokation nach kaudal und kranial bevorzugten, fanden sich intraforaminale Vorfälle ausschließlich diskal oder supradiskal, weil sich infradiskal lateral bekanntermaßen der Pedikel befindet und eine Dislokation hierher nicht möglich ist. Extraforaminale Sequester fanden sich häufiger diskal als supradiskal. Das Eintreten als auch die Art eines eventuellen Postdiskektomiesyndroms fand sich von der Sequesterlage unbeeinflusst, wobei es bei intraforaminalen Vorfällen nie eintrat. Darüber hinaus fand sich eine deutliche Korrelation zwischen Sequesterlage und Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Operation ($p \leq 0,01$). So zeigte sich für intrakanalikuläre Vorfälle, also jene der medialen und paramedialen Zone, durchschnittlich ein deutlich niedrigeres Alter von 49 Jahren (SD 14) im Vergleich zur lateralen Zone, die sich durch ein mittleres Alter von 56 Jahren (SD 12) kennzeichnete.

Nebendiagnosen der Lendenwirbelsäule

Die im Rahmen der präoperativen Bildgebung gestellten Nebendiagnosen bezüglich der Wirbelsäule wurden dokumentiert und hinsichtlich einer progredienten Degeneration bewertet. So wurde bei 2,8% ($n=14$) der Patienten eine Lumbalisation des ersten Sakralwirbels diagnostiziert. Des Weiteren wiesen 1,8% ($n=9$) der Patienten eine Foramenstenose, 1,4% ($n=7$) eine Osteochondrose, 6,1% ($n=30$) eine Spinalkanalstenose und 0,4% ($n=2$) eine Spondylolisthesis auf, was der Tabelle 5 zu entnehmen ist.

Diagnose	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
Foramenstenose	9	1,8
Lumbalisation	14	2,8
Osteochondrose	7	1,4
Spinalkanalstenose	30	6,1
Spondylolisthesis	2	0,4

Tab. 5: Bildmorphologische Nebendiagnosen der Lendenwirbelsäule; N=490.

Patienten, die solch eine Pathomorphologie der Wirbelsäule zeigten, hatten signifikant häufiger ($p \leq 0,01$) Begleiterkrankungen und erhielten, wie bereits aufgeführt, deutlich seltener ($p \leq 0,05$) eine epidurale Fettplastik. Deren mittlere Operationsdauer lag mit 90 Minuten (SD 42) 18 Minuten über der der Vergleichsgruppe ohne zusätzliche Wirbelsäulenpathologie ($p \leq 0,01$). Ebenso ist diese Patientengruppe durch folgende negative Korrelationen gekennzeichnet: signifikant häufigere Revisionseingriffe ($p \leq 0,05$), schlechtere Regredienz der postoperativen Lumboischialgie und Parese im weiteren Verlauf ($p \leq 0,05$), häufigere Lumbalgie nach einem Jahr ($p \leq 0,05$) und erhöhtes Risiko für ein Postdiskektomiesyndrom ($p \leq 0,05$).

5.5 Operation

Art des Vorgehens

Die offene mikrochirurgische Bandscheibenoperation wurde beim zugrunde liegenden Patientengut mehrheitlich in Form einer Nucleo- und Sequestrektomie entweder in zwei Ebenen (1,4%; n=7) oder monosegmental (92,9%; n=455) durchgeführt. In 5,7% (n=28) der Fälle wurde lediglich eine Sequestrektomie vorgenommen. Ein polysegmentaler Eingriff, der aufgrund des erhöhten Verletzungsrisikos vermieden werden sollte, präsentierte sich tatsächlich mit einer erhöhten Rate ($p \leq 0,05$) an Durotomien und konsekutiver Duraplastik. Darüber hinaus ergab sich ein deutlicher Zusammenhang ($p \leq 0,05$) mit gehäufte Lumbalgie zum Zeitpunkt nach sechs Monaten, der ebenfalls mit einem größeren Operationstrauma nach polysegmentalem Eingriff erklärt werden könnte. Eine weitere Beziehung zeigte sich bezüglich der Anzahl folgender Revisionsoperationen ($p \leq 0,05$). Während Patienten mit zweimaliger Revision (n=3) vorher ausschließlich Nucleo- und Sequestrektomien erhalten hatten, waren in der Gruppe mit einmaliger Revisionsoperation zu einem geringem Anteil auch alleinige Sequestrektomien durchgeführt worden.

Besonderheit der Operation

Als Besonderheit des operativen Ablaufes wurde bei 3,7% (n=18) der Patienten eine Duraplastik als Therapie einer intraoperativen Durotomie sowie bei 10,8% (n=53) der Patienten eine epidurale Fettplastik durchgeführt. Die Operationsdauer wurde hierdurch maßgebend beeinflusst. Während die Prozedur einer Durotomie die Operationsdauer verlängerte, lagen Operationen mit der Durchführung einer epiduralen Fettplastik mit durchschnittlich 42 Minuten (SD 12) weit unter der mittleren Länge aller anderen Eingriffe mit 78 Minuten (SD 32) Dauer ($p \leq 0,01$). Das kann anhand der bevorzugten Durchführung dieser besonderen Maßnahme durch den Direktor der Klinik begründet werden, wobei ein kleiner Anteil auch von Oberärzten durchgeführt wurde. Durotomien ereigneten sich zu gleichen Teilen bei Operationen, die hauptverantwortlich durch Oberärzte als auch Assistenzärzte realisiert wurden. Intraoperative Komplikationen konnten bei der Implantation eines Fettlappens nicht dokumentiert werden. Die Anwendung einer Duraplastik beschränkte sich erwartungsgemäß vollkommen auf Operationen mit accidentellen Durotomien ($p \leq 0,01$), da sie in diesen Fällen eine adäquate und notwendige therapeutische Maßnahme darstellt. Hinsichtlich des postoperativen Verlaufes ergaben sich weitere deutliche Zusammenhänge. Für die Duraplastik zeigte sich eine schlechtere Regredienz der sensiblen Defizite zum Zeitpunkt der klinischen Nachkontrollen nach sechs Wochen, drei Monaten und sechs Monaten ($p \leq 0,05$). Patienten, die intraoperativ eine epidurale Fettplastik erhielten, klagten bei Entlassung häufiger ($p \leq 0,05$) über Lumbalgien, gaben nach sechs Wochen jedoch weniger ($p \leq 0,01$) lokalen Rückenschmerz an. Zu einer veränderten Inzidenz von Rezidivvorfällen bestand hingegen kein Zusammenhang.

Die Operation als Elektiveingriff

Die Indikation zu einer nicht elektiven dringlichen Operation wurde, wie bereits aufgeführt, aufgrund des klinischen Beschwerdebildes gestellt, welches ein Maß für den Nervenschaden darstellte. Insgesamt unterzogen sich 93,5% (n=458) der Patienten einer elektiven Operation, die nach entsprechender klinischer Untersuchung, Bildgebung, Aufklärung und gegebenenfalls zusätzlichen diagnostischen Maßnahmen am Folgetag durchgeführt wurde. Im Gegensatz dazu wurden aufgrund gravierender klinischer Symptome 5,7% (n=28) der Patienten während des Dienstes (16:00-21:59 Uhr) und 0,8% (n=4) nachts (22:00-07:59 Uhr) operiert. Es bestanden ebenfalls bezüglich des postoperativen Ergebnisses eindeutige Zusammenhänge. So ergab sich bei notfallmäßig operierten Patienten eine deutlich höhere ambulante Wiedervorstellungsrate nach sechs Wochen und drei Monaten ($p \leq 0,01$), eine schlechtere Regredienz von sensiblem und

motorischem Defizit nach sechs Wochen ($p \leq 0,01$) als auch eine schlechtere Narbenheilung nach sechs Wochen und drei Monaten ($p \leq 0,01$).

Operationsdauer

Die mikrochirurgische Dekompression wies im Durchschnitt eine Operationsdauer, basierend auf der Schnitt-Naht-Zeit, von 74 Minuten (SD 32) auf, was dem Ergebnis von Harrington und French 2008 mit einer mittleren Dauer von 77 Minuten entspricht. Die Abbildung 16 zeigt die Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen Operationslängen, die in 5 Gruppen von je 30 Minuten ansteigender Dauer zusammengefasst wurden. So dauerten 2,7% ($n=13$) der Operationen längstens 30 Minuten, 35,7% ($n=175$) 60 Minuten, 38,6% ($n=189$) 90 Minuten, 16,1% ($n=79$) höchstens 120 Minuten und 6,9% ($n=34$) länger als 120 Minuten.

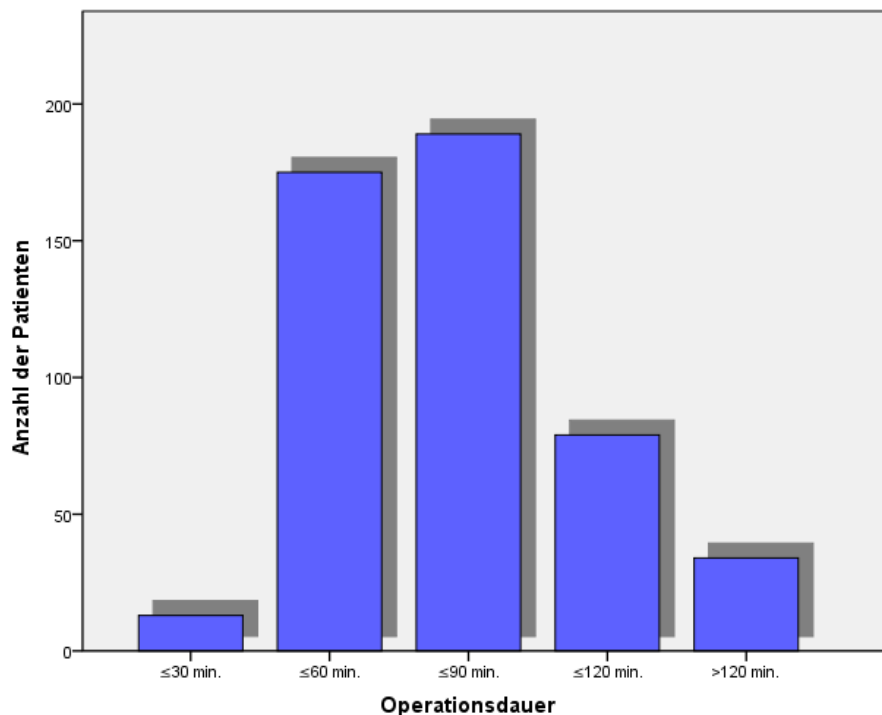


Abb. 16: Dauer der Operation in Minuten; N=490.

Die Dauer der Operation wurde maßgebend ($p \leq 0,01$) bestimmt durch die Erfahrung des Operateurs. So lag die mittlere Operationszeit der durch den Direktor der Klinik durchgeführten Eingriffe mit 42 Minuten (SD 11) ganze 36 Minuten unter der mittleren Zeit der Oberärzte und Assistenzärzte, wobei sich Letztere diesbezüglich nur marginal unterschieden. Intraoperative Komplikationen wie Durotomie oder Blutung verlängerten die mittlere Operationszeit in signifikantem Maße ($p \leq 0,01$) von 73 (SD 30) Minuten auf 107 (SD 46) Minuten, wobei vor allem die Blutung einen operationsverlängernden Effekt besaß. Des Weiteren erwies sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen

Operationslänge und postoperativem Ergebnis. Eine längere Operation war mit einer schlechteren Regredienz der Hypästhesie nach sechs Monaten ($p \leq 0,05$) und einem höheren Anteil ($p \leq 0,01$) an unauffälligen elektrophysiologischen Ergebnissen nach sechs Wochen, drei Monaten und sechs Monaten assoziiert. Auch die postoperative Narbenbildung nach sechs Wochen stand in einer deutlichen Beziehung zur Operationsdauer. Je länger diese war, desto häufiger ($p \leq 0,05$) beklagten die Patienten Probleme bei der Narbenbildung wie seröse oder eitrig-sekretion, Hämatom, intermittierender Narbenschmerz oder Wunddehiszenz.

Operateur

Ein Großteil der Operationen wurde zu 48,2 % ($n=236$) von Assistenzärzten in Hauptverantwortung durchgeführt, gefolgt von den Oberärzten beziehungsweise Fachärzten mit 40,4% ($n=198$) und dem Direktor der Klinik mit 11,4% ($n=56$) der Eingriffe. Die bereits angesprochene Beziehung zwischen Operateur und Dauer der Operation ($p = 0,001$) verdeutlicht die Abbildung 17.

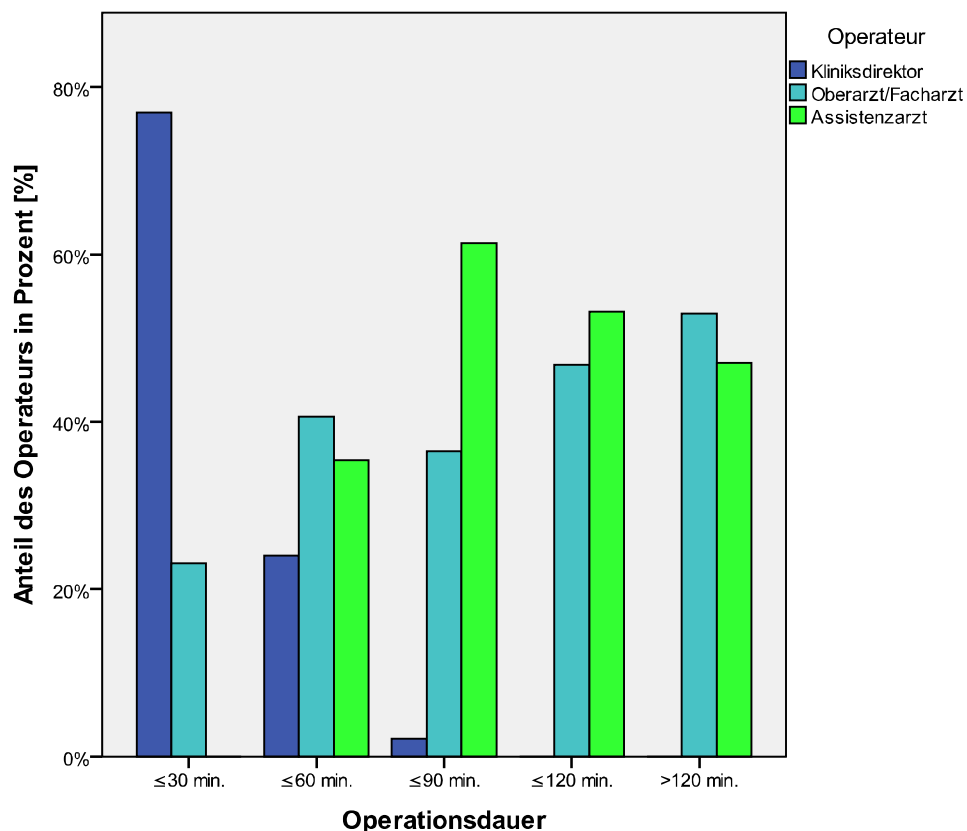


Abb. 17: Dauer der Operation in Minuten in Abhängigkeit des Operateurs.

Dabei wird ersichtlich, dass mikrochirurgische Operationen am schnellsten durch Ärzte mit hohem Erfahrungsgrad durchgeführt werden. Da Oberärzte generell häufiger operieren, sind sie auch bei den Operationen mit einer Dauer über 120 Minuten zu finden,

da auch sie mit einem schwierigen Operationssitus oder unerwarteten intraoperativen Komplikationen konfrontiert werden.

Komplikationen

Während präoperative Komplikationen im vorliegenden Patientengut nicht vorlagen, kam es in 3,7% (n=18) der Fälle intraoperativ bei der Dekompression im Epiduralraum meist aufgrund ausgeprägter Adhäsionen zu einer Verletzung der Dura mit konsekutivem Liquoraustritt. Dieser Defekt wurde mit Tachocomb verschlossen und postoperativ wurden fünf Tage Bettruhe verordnet, um unnötige intraspinale Druckerhöhungen zu vermeiden. In einem Fall kam es zur Blutung aus dem Spinalkanal mit konsekutivem Verlust von einem Liter Blut, der transfundiert werden musste. In einem weiteren Fall kam es zu einer Blutung kombiniert mit einer Durotomie. Patienten mit einer intraoperativ erlittenen Durotomie hatten ein erhöhtes Risiko für postoperative Komplikationen ($p \leq 0,05$), eine schlechtere Regredienz sensibler Defizite nach sechs Wochen und drei Monaten ($p \leq 0,01$) als auch ein erhöhtes Risiko für die Notwendigkeit weiterer Revisionseingriffe im postoperativen Verlauf ($p \leq 0,05$).

Die Rate an postoperativen Komplikationen wurde maßgebend durch das Alter und damit verbundene Begleiterkrankungen determiniert. Diese Komplikationen traten meist innerhalb der ersten postoperativen Woche auf (60%; n=9), manifestierten sich sofort nach der Operation (26,6%; n=4) oder in der zweiten postoperativen Woche (13,4%; n=2). Unter diesen fanden sich zu einem geringen Anteil (0,6%; n=3) operationsspezifische Komplikationen wie Wundheilungsstörung, akute Lumbalgie oder ein postoperatives Cauda-equina-Syndrom. Allgemeine postoperative Komplikationen waren mit einem Anteil von 2,4% (n=12) etwas häufiger und entsprachen weitgehend der Komorbidität des Patientengutes. Zu diesen gehörten akuter Myokardinfarkt, Angina pectoris bei koronarer Herzkrankheit und Herzinsuffizienz, Bronchospasmus bei Bronchopneumonie, Lungenödem bei Herzinsuffizienz, Elektrolytentgleisung, Exacerbation einer Epilepsie, Harninkontinenz, Harnwegsinfekt, hypertensive Entgleisung, tiefe Beinvenenthrombose, transitorische ischämische Attacke, Tonsillitis und viraler Infekt. Bezüglich des postoperativen Outcome ließ sich kein signifikanter Zusammenhang finden, lediglich hinsichtlich der ambulanten Wiedervorstellungsrate ($p \leq 0,05$). Patienten, die operationsspezifische Komplikationen erlitten hatten, stellten sich vollständig nach sechs Wochen in der Ambulanz vor, jene mit allgemeinen und komorbiditätsbezogenen Komplikationen deutlich seltener. Nach diesen sechs Wochen stellte sich ein Großteil (66%; n=10) der Patienten mit spezifischen und allgemeinen Komplikationen im weiteren

Verlauf gar nicht mehr vor, bei Patienten ohne Komplikationen war dieser Anteil deutlich geringer (36%; n=172).

Postoperative apparative Diagnostik

Bei normalem Verlauf der Operation konnte bei 88,8% (n=435) der Patienten neben klinischen Kontrollen auf eine weitere Bildgebung verzichtet werden. Dennoch wurden im vorliegenden Patientengut postoperativ noch während des stationären Aufenthaltes diverse apparative Untersuchungen durchgeführt: bei 6,9% (n=34) erneute elektrophysiologische Untersuchungen, bei 0,4% (n=2) eine Duplexsonographie und bei jeweils einem Patienten (0,2%) eine Histologie, eine Restharnsonographie und ein Kardiotokogramm. Darüber hinaus erhielten sechs Patienten (1,2%) eine Röntgenuntersuchung aufgrund einer Koxarthrose, pulmonaler Infekte, zervikaler Bandscheibenprotrusionen oder zum Ausschluss einer koronaren Herzkrankheit. Eine postoperative Kernspintomographie erhielten 16 Patienten (3,3%) zum Ausschluss beziehungsweise Nachweis eines Infarktes, Liquoraufstaus, Rezidivvorfall, paravertebralen Tumors, extraduralen Hämatoms oder periradikulären Ödems sowie einer Spinalkanalstenose. Aufgrund progredienter oder neu hinzugetretener neurologischer Defizite wurden 6,9% der Patienten (n=34) noch während des stationären Aufenthaltes elektrophysiologisch untersucht, wobei 50% (n=17) der Befunde pathologisch ausfielen.

Operationszugang

Während Bandscheibenvorfälle der medialen und paramedialen Zone über einen interlaminären Zugang erreicht werden können, muss im Falle der selteneren intra- oder extraforaminalen Lage ein lateraler paraspinaler Zugang gewählt werden. Dies war im vorliegenden Patientengut nur zu 6,5% (n=32) der Fall. Dabei lagen 3,5% (n=17) der Bandscheibenvorfälle mit ihrem Hauptanteil intraforaminal, 1,6% (n=8) extraforaminal und 1,4% (n=7) intra- und extraforaminal. Letztlich nahm die Sequesterlage einen deutlichen Einfluss auf die Länge der Operation. So lag die mittlere Operationsdauer bei lateralen Bandscheibenvorfällen mit 87 Minuten (SD 31) 14 Minuten über der Dauer der intrakanalikulären Vorfälle, die über einen standardmäßigen interlaminären Zugang erreicht werden konnten.

Hemilaminektomie

Bei der mikrochirurgischen Operation gilt es, nach dem Hautschnitt und der Präparation der Lumbodorsalfaszie, sich durch eine Flavektomie Zugang zum Epiduralraum mit den sich dort befindlichen Nervenstrukturen zu verschaffen. Aufgrund der unterschiedlichen anatomischen Begebenheiten in den einzelnen Segmenten muss dieses Vorgehen

differenziert erfolgen. Im Segment LWK 5/SWK wird die diskale Ebene beinahe vollständig durch das Ligamentum flavum bedeckt, sodass eine alleinige Flavektomie hier meist ausreichend ist. In weiter kranial gelegenen Segmenten kommt es durch die zunehmende Steilstellung der Wirbelbögen zu einer zunehmenden Überdeckung der diskalen Ebene durch den Unterrand des nächst höher gelegenen Wirbelbogens. Um ausreichende Sicht auf die Bandscheiben zu erhalten, musste im Falle einer supradiskalen Sequesterdislokation des Segmentes LWK 4/5 oder bei allen Befunden des Segmentes LWK 3/4 eine partielle Abtragung oder gar eine vollständige halbseitige Entfernung des höheren Bogens erfolgen. Die Durchführung einer solchen Hemilaminektomie kann dabei Hinweis auf spezielle anatomische Verhältnisse im entsprechenden Segment geben als auch einen prognostischen Faktor bezüglich des individuellen postoperativen Verlaufes darstellen. Im vorliegenden Patientengut musste in 7,3% (n=36) der Fälle eine Hemilaminektomie durchgeführt werden und zwar zu 13,9% (n=5) im Segment LWK 2/3, zu 22,2% (n=8) im Segment LWK 3/4, zu 41,7% (n=15) im Segment LWK 4/5 und zu 22,2% (n=8) im Segment LWK 5/SWK1. Diese Häufigkeitsverteilung beruht vorwiegend auf der allgemeinen Inzidenz der Bandscheibenvorfälle der lumbalen Wirbelsäule. Betrachtete man hingegen, wie in der Abbildung 18 und Tabelle 6a dargestellt, den Anteil von Hemilaminektomien in den jeweiligen Segmenten, ergab sich eine signifikante Korrelation von $p = 0,003$.

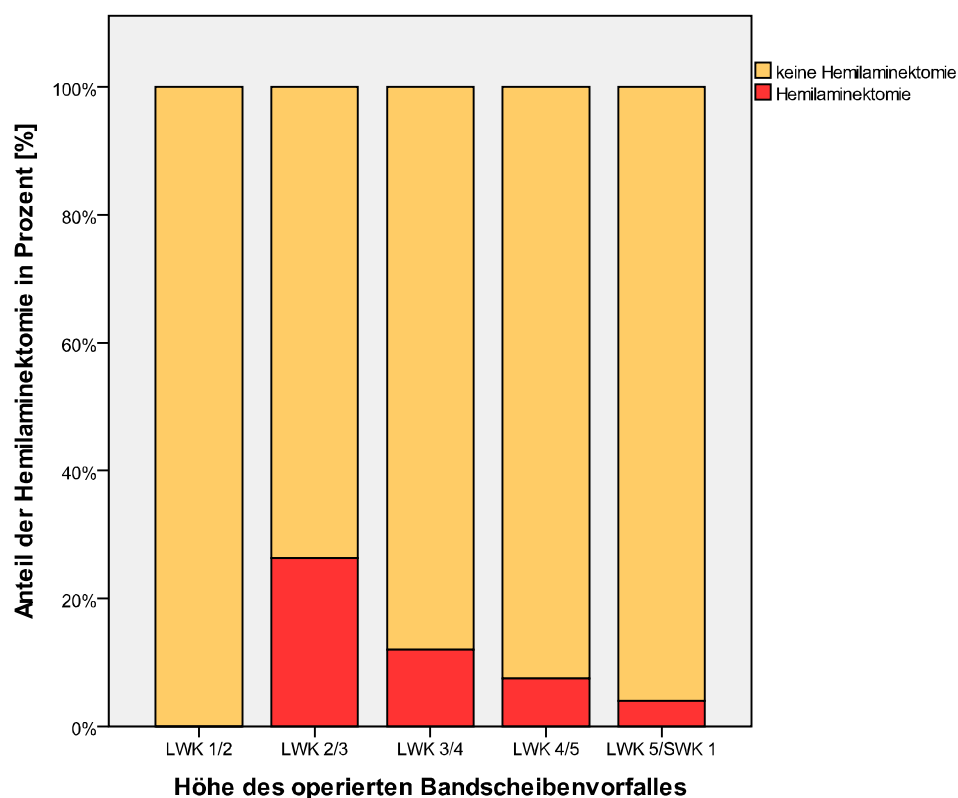


Abb. 18: Hemilaminektomie in Abhängigkeit der Höhe des operierten Bandscheibenvorfalles; N=490.

			Hemilaminektomie		Gesamt
			nein	ja	
BSV aktuell	LWK 1/2	Anzahl	2	0	2
		% innerhalb von BSV	100,0%	0%	100,0%
	LWK 2/3	Anzahl	14	5	19
		% innerhalb von BSV	73,7%	26,3%	100,0%
	LWK 3/4	Anzahl	59	8	67
		% innerhalb von BSV	88,1%	11,9%	100,0%
	LWK 4/5	Anzahl	185	15	200
		% innerhalb von BSV	92,5%	7,5%	100,0%
	LWK5/SWK1	Anzahl	194	8	202
		% innerhalb von BSV	96,0%	4,0%	100,0%
Gesamt	Anzahl	454	36	490	
	% innerhalb von BSV	92,7%	7,3%	100,0%	

Tab. 6a: Durchführung einer Hemilaminektomie in Abhängigkeit der Höhe des operierten Bandscheibenvorfalles; N=490; p = 0,003.

Im Segment LWK 1/2 wurde demnach keine Hemilaminektomie durchgeführt, wobei auf dieser Höhe auch nur zwei Vorfälle operiert wurden. Während im Segment LWK 3/4 zu 11,9% (n=8), in LWK 4/5 zu 7,5% (n=15) und in LWK 5/SWK 1 zu 4% (n=8) Hemilaminektomien durchgeführt wurden, war der Anteil im Segment LWK 2/3 mit 26,3% (n=5) am höchsten.

Zog man zu dieser Beziehung noch die Sequesterdislokation in der vertikalen Ebene hinzu, ergab sich ebenfalls eine signifikante Korrelation (p = 0,021), was der Tabelle 6b zu entnehmen ist. So war der Anteil durchgeführter Hemilaminektomien bei diskaler (42,9%; n=3) und supradiskaler Lage (25%; n=1) im Segment LWK 2/3 am höchsten. Die geringste Notwendigkeit für diese Maßnahme ergab sich für diskale und infradiskale Lagen in den unteren Segmenten LWK 4/5 und LWK 5/SWK 1 mit einem Anteil von höchstens 5% der Fälle. Eine kaudale beziehungsweise infradiskale Sequesterlage stellte sich, mit Ausnahme von LWK 2/3, als allgemein unproblematisch dar und erforderte die geringste Anzahl an Hemilaminektomien.

			Hemilaminektomie		Gesamt
			nein	ja	
Dislokation Sequester	kranial	Anzahl	82	13	95
		% innerhalb von Dislokation Sequester	86,3%	13,7%	100,0%
	Niveau	Anzahl	203	15	218
		% innerhalb von Dislokation Sequester	93,1%	6,9%	100,0%
	kaudal	Anzahl	169	8	177
		% innerhalb von Dislokation Sequester	95,5%	4,5%	100,0%
Gesamt	Anzahl	454	36	490	
	% innerhalb von Dislokation Sequester	92,7%	7,3%	100,0%	

Tab. 6b: Durchführung einer Hemilaminektomie in Abhängigkeit der Lage des Bandscheibenvorfalles; N=490; p = 0,021.

Eine weitere eindeutige Beziehung von erhöhter Hemilaminektomierate mit zunehmender Wirbelsäulendegeneration und Komorbidität ($p \leq 0,01$) war letztlich auf deren signifikante Korrelation mit dem Alter des Patienten zurückzuführen ($p \leq 0,01$). So lag das mittlere Alter der Patienten mit dieser zusätzlichen Maßnahme mit 58 Jahren (SD 13) 10 Jahre über dem der Patienten ohne eine zusätzliche Abtragung des Wirbelbogens. Des Weiteren ergab sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Hemilaminektomie und Nucleo- und Sequestrektomie ($p \leq 0,01$). Unter den Patienten, die eine alleinige Sequestrektomie erhielten, wurde zu 21,4% (n=6) eine Hemilaminektomie durchgeführt, bei Patienten mit Nucleo- und Sequestrektomie waren es nur 6,6% (n=30).

Nachdem die Faktoren geklärt wurden, die die Notwendigkeit einer Hemilaminektomie bedingen, nämlich Alter und spezifische segmentale Anatomie, galt es, die Konsequenzen dieser speziellen Maßnahme für die Operation selbst als auch für den postoperativen Verlauf der Beschwerden zu untersuchen. Dabei konnte eine signifikante Verlängerung ($p \leq 0,01$) der mittleren Operationsdauer durch eine Hemilaminektomie von 73 Minuten (SD 31) auf 90 Minuten festgestellt werden. Diese Beziehung war vor allem bei Operationen zu finden, die durch Assistenzärzte realisiert wurden. Erfahrenere Chirurgen wie der Direktor der Klinik benötigten für Operationen, die eine Hemilaminektomie beinhalteten, nie mehr als 90 Minuten. Patienten, bei denen eine Hemilaminektomie

durchgeführt worden war, zeigten zum Zeitpunkt der Entlassung eine schlechtere Regredienz der Lumboischialgie ($p \leq 0,05$) und eine vermehrte Auslösbarkeit des Zeichens nach Lasègue zum Zeitpunkt der ambulanten Wiedervorstellung nach einem Jahr ($p \leq 0,05$). Die Bedeutung der Hemilaminektomie für das Eintreten eines Postdiskektomiesyndroms oder die Notwendigkeit einer Revisionsoperation im weiteren postoperativen Verlauf konnte anhand der vorliegenden Daten nicht bestätigt werden.

5.6 Postoperativer Verlauf

Die Dokumentation des Beschwerdebildes zum Zeitpunkt der Entlassung als auch im weiteren postoperativen Verlauf nahm einen großen Stellenwert in der Beurteilung des Operationsergebnisses ein. Noch während des stationären Aufenthaltes wurden wiederholt klinische Untersuchungen und gegebenenfalls entsprechende apparative Diagnostik wie die Elektrophysiologie oder Kernspintomographie durchgeführt und der klinische Befund mit Lumboischialgie, Parese, Hypästhesie und lokalem Rückenschmerz am Entlassungstag dokumentiert. Die Rückbildung der entsprechenden Symptome im Vergleich zum präoperativen Befund wurde dabei nach den folgenden Kriterien klassifiziert: vollständig regredient, deutlich regredient, mäßig regredient, analog, progredient und neu hinzugekommen. Im Rahmen der ambulanten Wiedervorstellungen nach sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und einem Jahr wurden folgende Parameter erfasst: Lumboischialgie, Parese, Hypästhesie, Reflexstatus, Zeichen nach Lasègue, lokaler Rückenschmerz, Narbenbildung und das Ergebnis eventuell durchgeführter elektrophysiologischer Untersuchungen.

Patienten

Die Wiedervorstellungsrate nahm dabei stetig ab, was die Abbildung 19 veranschaulicht. Während einige Patienten sich nach der Entlassung aus der stationären Betreuung nie wieder vorstellten, ließen andere Patienten Konsultationen aus oder stellten sich aufgrund von Beschwerden unplanmäßig vor. Der sich daraus ergebende Informationsverlust wurde bei der Auswertung der Daten selbstverständlich berücksichtigt, indem nur jene Patienten in entsprechende Kalkulationen einbezogen wurden, zu denen Informationen vorlagen. So konnte mit Hilfe der Konsultationen nach sechs Wochen von 78,6% ($n=385$) der Patienten Informationen bezüglich des postoperativen Verlaufes gewonnen werden, wobei 7,3% ($n=36$) diese Konsultation ausließen und sich 14,1% ($n=69$) der Patienten nie wieder vorstellten. Nach drei Monaten belief sich der Informationsgewinn noch auf 50% ($n=245$) der Fälle, 23,3% ($n=114$) der Patienten ließen diesen Termin aus und 26,7% stellten sich gar nicht mehr vor. Nach sechs Monaten erhöhte sich der Anteil vorgestellter Patienten wiederum auf 52,7% ($n=258$), wobei 10,2% ($n=50$) diesen Termin nicht

wahrnahmen und von 37,1% (n=182) keine weiteren Informationen mehr zu erwarten waren. Nach einem Jahr konnten noch für die Hälfte der Patienten wertvolle Daten zum postoperativen Verlauf gesammelt werden. Da eine stetig abnehmende Wiedervorstellungsrate naturgemäß zu einem reduzierten Anteil dokumentierter positiver Ergebnisse führte, wurden die Daten der vorgestellten und untersuchten Patienten nochmals differenziert betrachtet, wobei die Grundgesamtheit von der jeweiligen Anzahl untersuchter Patienten gebildet wurde.

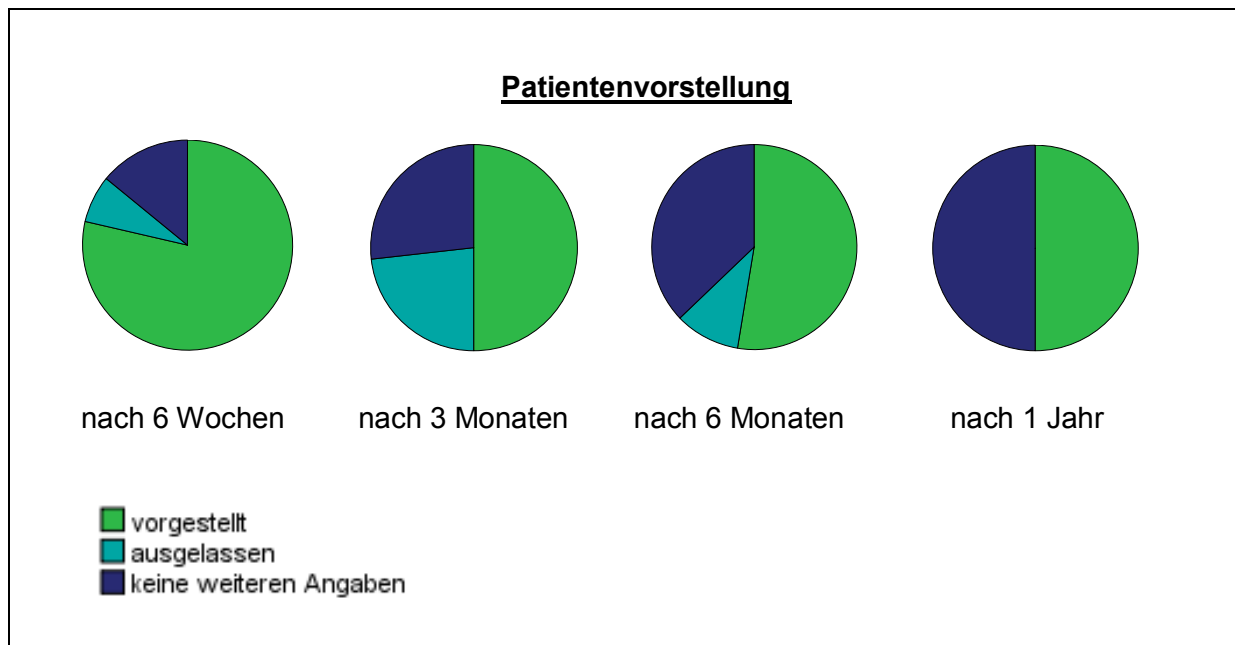


Abb. 19: Patientenvorstellung zum Zeitpunkt von sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und einem Jahr nach der Operation; N=490.

Lumboischialgie

Bei der Dokumentation der postoperativen Rückbildung der Lumboischialgie wurden die Patienten zu verbliebener Schmerzintensität als auch veränderter Lokalisation im Sinne einer Schmerzzentralisation als Ausdruck der Erholung einer dekomprimierten Nervenwurzel befragt. Die Regredienz der Schmerzsymptomatik zeigt die Abbildung 20. Zum Zeitpunkt der Entlassung machten die Patienten anteilig die folgenden Angaben: vollständig regredient 44,8% (n=215), deutlich regredient 52,5% (n=252), mäßig regredient 1% (n=5), analog 1,3% (n=6), neu hinzugetreten 0,4% (n=2). Nach sechs Wochen berichteten die Patienten zu 57,9% (n=221) über eine vollständige Regredienz, zu 32,2% (n= 123) über eine deutliche Regredienz, zu 0,8% (n=3) über eine mäßige Regredienz, zu 1% (n=4) über gleichbleibende Schmerzen, zu 4,2% (n=16) über eine Progredienz und zu 3,9% (n=15) über neu hinzugetretene Schmerzen. Nach drei

Monaten konnte folgende Entwicklungen dokumentiert werden: 58,8% (n=143) vollständig regredient, 24,3% (n=59) deutlich regredient, 1,2% (n=3) mäßig regredient, 0,4% (n=1) analog, 5,4% (n=13) progredient und 9,9% (n=24) neu hinzugetreten. Nach sechs Monaten stellte sich die Heilung der Schmerzen folgendermaßen dar: 63,9% (n=163) vollständig regredient, 16% (n=41) deutlich regredient, 1,2% (n=3) mäßig regredient, 0,4% (n=1) analog, 11% (n=28) progredient und 7,5% (n=19) neu hinzugetreten. Nach einem Jahr ergaben sich schließlich die folgenden Ergebnisse: 63,8% (n=155) vollständig regredient, 15,2% (n=37) deutlich regredient, 0,8% (n=2) mäßig regredient, 0,4% (n=1) analog, 10,3% (n=25) progredient und 9,5% (n=23) neu hinzugetreten.

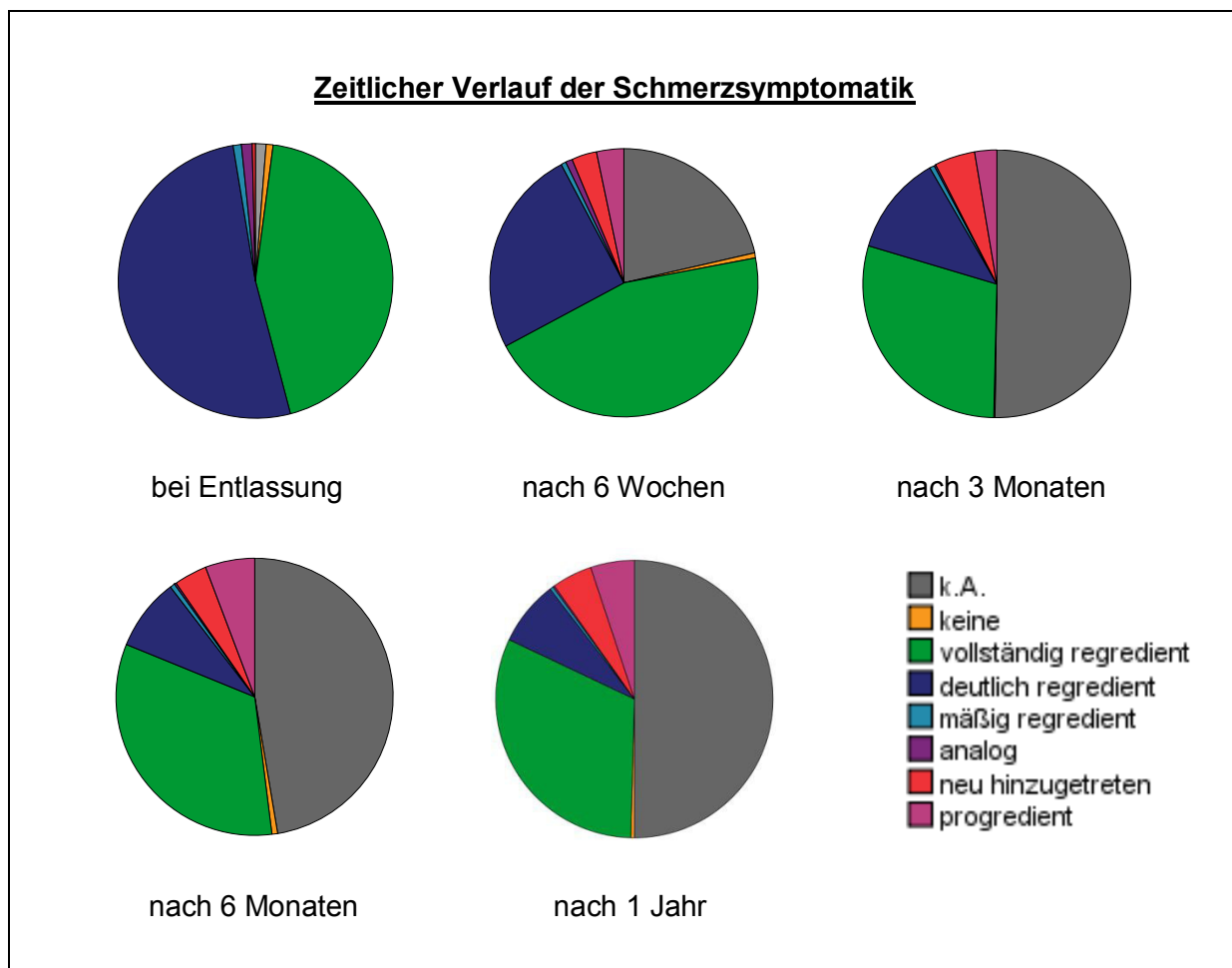


Abb. 20: Zeitlicher Verlauf der Schmerzsymptomatik; N=490.

Betrachtete man die prozentualen Anteile der Patienten nicht in Bezug auf das gesamte Patientengut, innerhalb dessen im Rahmen des postoperativen Verlaufes ein Informationsverlust zu verzeichnen war, sondern in Bezug auf die Patienten, zu denen zu den entsprechenden Zeitpunkten Daten vorlagen, erhielt man die in der Tabelle 7 dargestellte allgemeine Rückbildungsrate, die die Angaben einer vollständigen, deutlichen als auch mäßigen Regredienz mit einbezogen und so eine adäquate Evaluation des

postoperativen Ergebnisses gewährleistete. Für die postoperative radikuläre Symptomatik ergab sich dabei eine Erfolgsrate von 98,3% (n=472) zum Zeitpunkt der Entlassung, 90,8% (n=347) nach sechs Wochen, 84,3% (n=205) nach drei Monaten, 81,1% (n=207) nach sechs Monaten und 79,8% (n=194) nach einem Jahr.

Erfolgsrate Lumboischialgie	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
<i>bei Entlassung</i>	472	98,3
<i>nach 6 Wochen</i>	347	90,8
<i>nach 3 Monaten</i>	205	84,3
<i>nach 6 Monaten</i>	207	81,1
<i>nach 1 Jahr</i>	194	79,8

Tab. 7: Erfolgsrate der radikulären Schmerzsymptomatik bei Entlassung, nach sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und einem Jahr unter Berücksichtigung der jeweils untersuchten Anzahl an Patienten.

Eine vermehrt regrediente Schmerzsymptomatik in den ersten postoperativen Wochen führte vermehrt zu Schmerzfreiheit nach einem Jahr ($p \leq 0,01$) und lieferte nach sechs Monaten signifikant weniger pathologische Ergebnisse in der Elektrophysiologie ($p \leq 0,05$), jedoch auch mehr epidurale Fibrose als Grund für ein Postdiskektomiesyndrom ($p \leq 0,05$), dessen früheres Eintreten wiederum durch eine schlechte Schmerzurückbildung nach sechs Wochen als auch einem Jahr begünstigt wurde ($p \leq 0,01$).

Motorische Defizite

Die Beurteilung des postoperativen motorischen Defizites erfolgte anhand der Einteilung der Paresen nach dem Kraftgrad. Den Verlauf der motorischen Defizite demonstriert die Abbildung 21. Noch während des stationären Aufenthaltes konnte so bei 23% (n=62) der Patienten eine vollständige Rückbildung und das Wiedererlangen der vollen Muskelkraft erreicht werden. Bei den restlichen Patienten waren die Paresen zu 43% (n=116) deutlich regredient, zu 18,8% (n=51) mäßig regredient, zu 14% (n=38) analog, zu 0,4% (n=1) progredient und zu 0,8% (n=2) neu hinzugetreten. Nach sechs Wochen fiel bei 32,4% (n=73) eine vollständige Rückbildung präoperativ bestandener motorischer Defizite auf, die entweder schon seit der Entlassung bestand oder sich im Rahmen der nervalen

Regeneration neu eingestellt hatte. Des Weiteren wiesen die Patienten zu 50,2% (n=113) deutlich regrediente, zu 6,2% (n=14) mäßig regrediente, zu 6,2% (n=14) analoge, zu 1,8% (n=4) progrediente und zu 3,2% (n=7) neu hinzugetretene Paresen auf. Nach drei Monaten stellten sich die Paresen zu 38,7% (n=58) vollständig regredient, zu 44% (n=66) deutlich regredient, zu 6% (n=9) mäßig regredient, zu 5,3% (n=8) analog, zu 2,7% (n=4) progredient und zu 3,3% (n=5) neu hinzugetreten dar. Nach sechs Monaten konnte bei 45,5% (n=75) der Patienten eine vollständige Regredienz der Paresen verzeichnet werden. Nach einem Jahr fanden sich letztlich 47% (n=72) der Paresen als vollständig regredient.

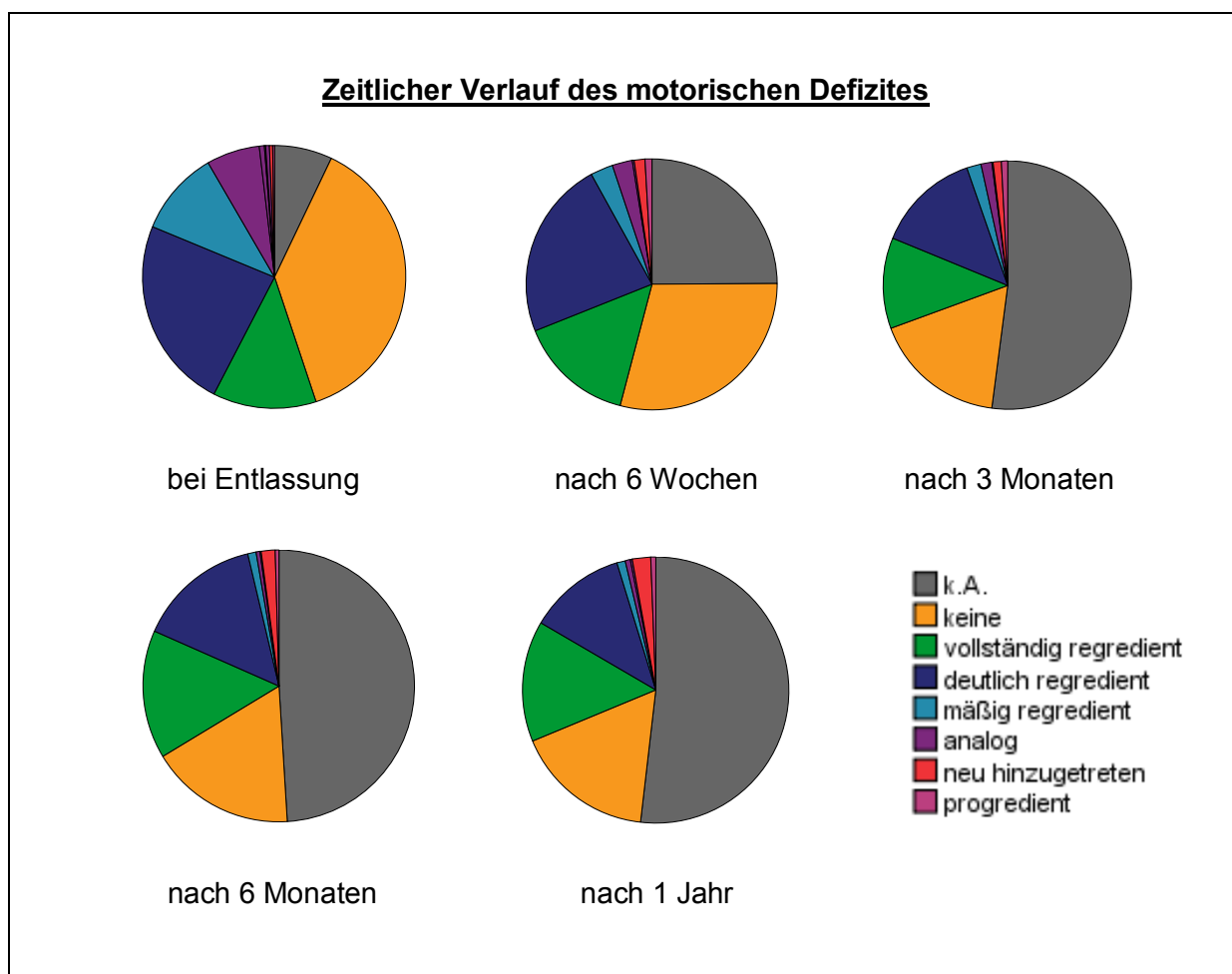


Abb. 21: Zeitlicher Verlauf des motorischen Defizites; N=490.

Dies ergab eine allgemeine Rückbildungsrate von 84,8% (n=229) zum Zeitpunkt der Entlassung, 88,9% (n=200) nach sechs Wochen, 88,7% (n=133) nach drei Monaten, 92,1% (n=152) nach sechs Monaten und 88,2% (n=135) nach einem Jahr, was die folgende Tabelle 8 demonstriert.

Erfolgsrate Parese	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
<i>bei Entlassung</i>	229	84,8
<i>nach 6 Wochen</i>	200	88,9
<i>nach 3 Monaten</i>	133	88,7
<i>nach 6 Monaten</i>	152	92,1
<i>nach 1 Jahr</i>	135	88,2

Tab. 8: Erfolgsrate der Parese bei Entlassung, nach sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und einem Jahr unter Berücksichtigung der jeweils untersuchten Anzahl an Patienten.

Je besser die Rückbildung der Parese zum Zeitpunkt der Entlassung war, desto häufiger wurde im weiteren postoperativen Verlauf die uneingeschränkte Muskelkraft wiedererlangt ($p \leq 0,01$). Eine Parese, die sich zum Zeitpunkt der ambulanten Konsultation nach sechs Wochen oder drei Monaten noch nicht hinreichend zurückgebildet hatte, stellte einen Risikofaktor für das Eintreten eines Postdiskektomiesyndroms ($p \leq 0,01$) und im Falle dessen die gehäufte Ausbildung von echten Rezidiven und einer früheren operativen Therapie mit einer Spondylodese dar ($p \leq 0,01$).

Sensible Defizite

Die Einschätzung einer Besserung der sensiblen Defizite im Vergleich zum präoperativen Befund gelang durch Erfragen der Intensität und Lokalisation entsprechend der Dermatomzuordnung. Die Abbildung 22 veranschaulicht die Rückbildung der sensiblen Defizite. Direkt postoperativ konnten 20% (n=60) der Patienten einen vollständigen Rückgang etwaiger Gefühlsstörungen berichten. In 53,7% (n=161) der Fälle wurde ein deutlicher, in 10,3 % (n=31) ein mäßig regredienter Rückgang angegeben. Zu 14,7% (n=44) wies sich die Hypästhesie als analog, zu 0,3% (n=1) als progredient und zu 1% (n=3) als neu hinzugetreten aus. Nach sechs Wochen zeigten sich die sensiblen Defizite zu 25,3% (n=71) vollständig regredient, 60,4% (n=169) deutlich regredient, 5% (n=14) mäßig regredient, 3,5% (n=10) analog, 0,6% (n=2) progredient und zu 5,2% (n=15) als neu hinzugetreten. Nach drei Monaten präsentierten die Patienten folgenden sensiblen Status: 28,6% (n=53) vollständig regredient, 56,3% (n=104) deutlich regredient, 4,3% (n=8) mäßig regredient, 1,7% (n=3) analog, 3,2% (n=6) progredient und 5,9% (n=11) neu

hinzugetreten. Nach sechs Monaten ergaben sich folgende Werte: 32,7% (n=66) vollständig regredient, 52% (n=105) deutlich regredient, 3,5% (n=7) mäßig regredient, 5,9% (n=12) progredient und 5,9% (n=12) neu hinzugetreten. Nach einem Jahr ergab sich das folgende Ergebnis: 28,6 % (n=55) vollständig regredient, 55,7% (n=107) deutlich regredient, 2,6% (n=5) mäßig regredient, 1% (n=2) analog, 4,2% (n=8) progredient und 7,8% (n=15) neu hinzugetreten.

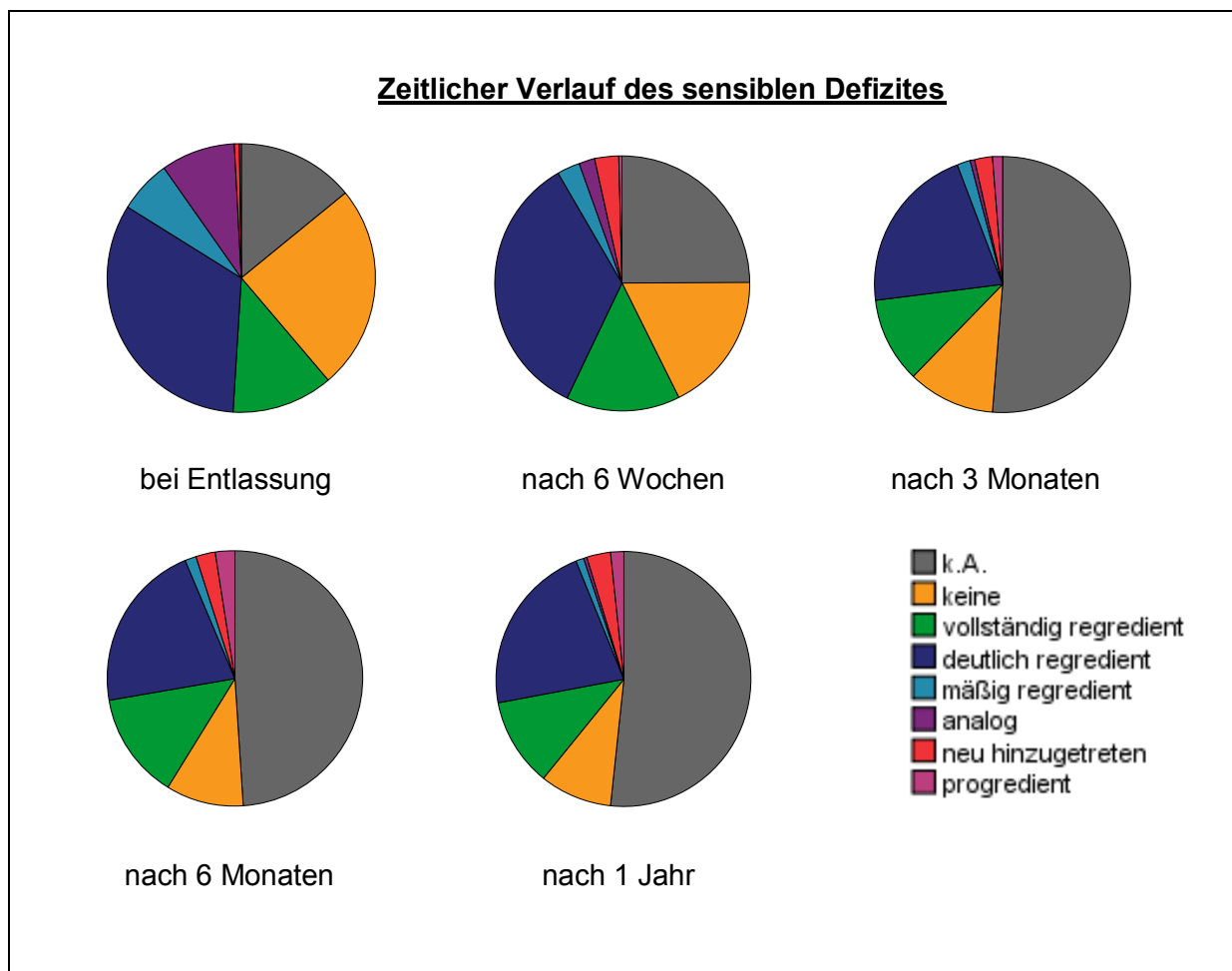


Abb. 22: Zeitlicher Verlauf des sensiblen Defizites; N=490.

Daraus ergab sich eine sehr gute Rückbildungsrate von 84% (n=252) zum Zeitpunkt der Entlassung, 90,4% (n=254) nach sechs Wochen, 89,2 % (n=165) nach drei Monaten, 88,1% (n=178) nach sechs Monaten und 87% (n=167) nach einem Jahr, welche in der Tabelle 9 dargestellt ist.

Erfolgsrate Hypästhesie	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
<i>bei Entlassung</i>	252	84
<i>nach 6 Wochen</i>	254	90,4
<i>nach 3 Monaten</i>	165	89,2
<i>nach 6 Monaten</i>	178	88,1
<i>nach 1 Jahr</i>	167	87

Tab. 9: Erfolgsrate der Hypästhesie bei Entlassung, nach sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und einem Jahr unter Berücksichtigung der jeweils untersuchten Anzahl an Patienten.

Bei Patienten mit einer besser regredienten Hypästhesie zum Zeitpunkt der Entlassung zeigten sich erwartungsgemäß auch im weiteren postoperativen Verlauf deutlich bessere Ergebnisse ($p \leq 0,01$). Eine nach sechs Wochen schlecht verheilte Gefühlsstörung stellte ein Risiko für das frühere Eintreten eines Postdiskektomiesyndroms ($p \leq 0,01$) und im Falle dessen auch für eine frühere Therapie mittels Spondylodese dar ($p \leq 0,05$).

Zeichen nach Lasègue

Die Anwendung des Testes nach Lasègue im Rahmen der ambulanten Nachkontrollen diente wie auch präoperativ dem Nachweis einer Wurzelreizung. Generell wurde eine im Vergleich zum präoperativen Befund verminderte Auslösbarkeit erwartet, da die mikrochirurgische Dekompression eine irritierte Nervenwurzel weitgehend aus ihrer Kompression befreit haben sollte. Die Entwicklung des Testes nach Lasègue während des postoperativen Verlaufes verdeutlicht die Abbildung 23. Zum Zeitpunkt der Untersuchung nach sechs Wochen zeigte sich das Zeichen noch zu 4,4% ($n=16$) auslösbar bis zu einem Winkel von 50° , welcher oft als Grenze der klinischen Relevanz aufgeführt wird. Nach drei Monaten wiesen diesen Befund noch 5,2% ($n=12$) der untersuchten Patienten auf, nach sechs Monaten 6,2% ($n=14$) und nach einem Jahr 3,3% ($n=8$). Die Anzahl beidseitig negativer Befunde nahm dabei stetig zu (sechs Wochen: 83%; drei Monate: 83,3%; sechs Monate: 97,8%; ein Jahr: 86,7%). Ein pathologisches Ergebnis dieses Testes im gesamten postoperativen Verlauf erwies sich letztlich als Risiko für das frühere Eintreten eines Postdiskektomiesyndroms und im Falle dessen für

eine bevorzugte operative Therapie mit Hilfe einer posterioren lumbalen interkorporellen Fusion ($p \leq 0,01$).

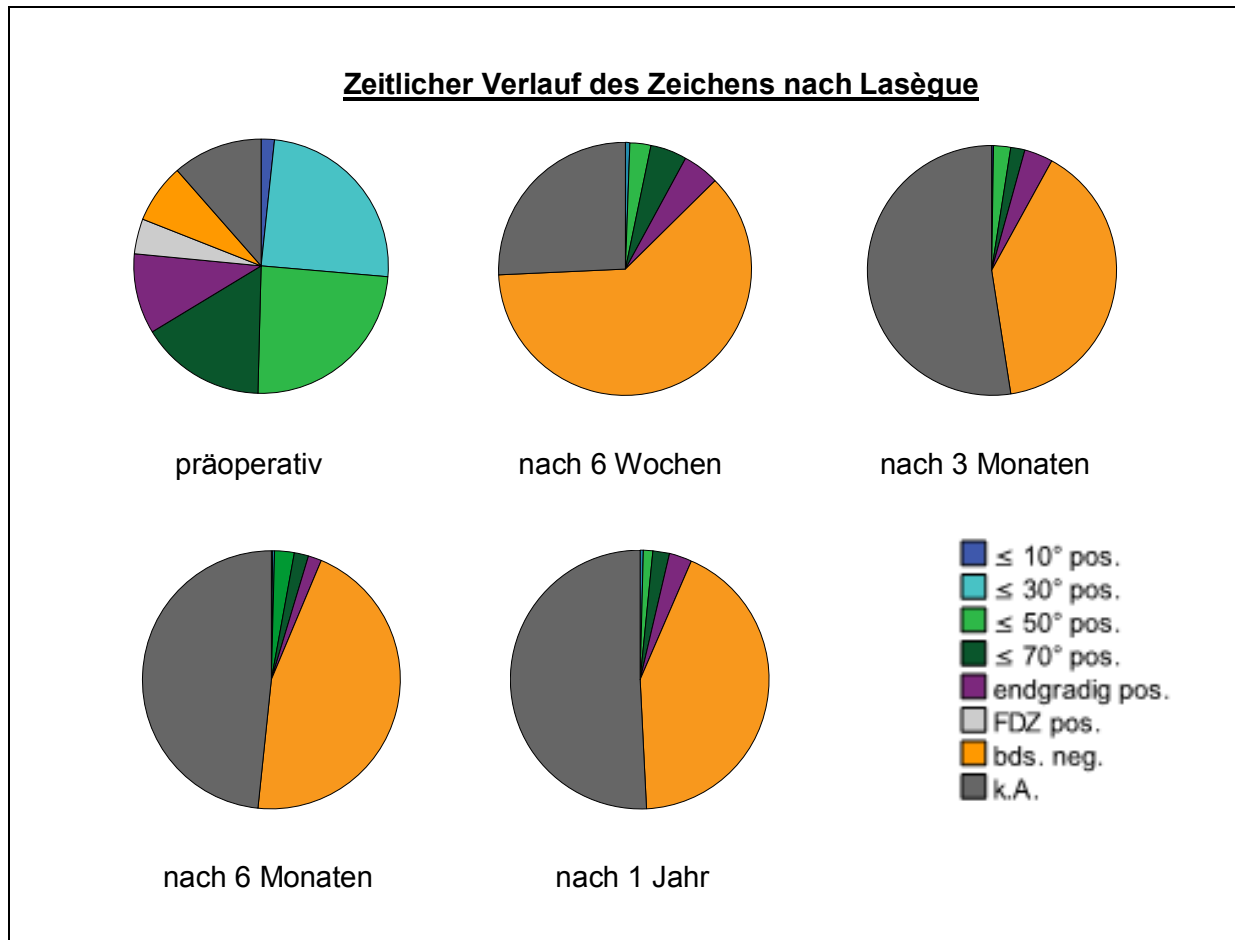


Abb. 23: Zeitlicher Verlauf des Zeichens nach Lasègue; N=490.

Reflexstatus

Im Rahmen der ambulanten Kontrollen wurde der Reflexstatus der Muskeigenreflexe der unteren Extremität erhoben, welcher in der Tabelle 10 aufgeführt ist. So präsentierten sich nach sechs Wochen 86,7% (n=320) der untersuchten Patienten mit beidseits regelrecht auslösbaren Reflexen, 7% (n=26) mit abgeschwächten und 6,2% (n=23) mit erloschenen Reflexen der entsprechenden Muskeln. Das Ergebnis der Untersuchung nach drei Monaten war eine beidseitige Auslösbarkeit der Reflexe bei 84,7% (n=199) der Patienten, eine Reflexabschwächung bei 8% (n=19) und eine fehlende Auslösbarkeit bei 7,2% (n=17). Nach sechs Monaten ließen sich die Reflexe folgendermaßen auslösen: bei 97,8% (n=222) beidseits, bei 7% (n=16) eingeschränkt und bei 6,6% (n=15) gar nicht. Nach einem Jahr zeigte der Reflexstatus folgende Auffälligkeiten: zu 85,5% (n=206) beidseits auslösbar, zu 6,2% (n=15) abgeschwächt und zu 8,3% (n=20) beidseits

erloschen. Es zeigte sich, dass der Reflexstatus eine signifikante Bedeutung für das Auftreten eines Postdiskektomiesyndroms hatte. Je reduzierter die Auslösbarkeit der Reflexe war, desto größer war dessen Risiko ($p \leq 0,01$) und desto früher kam es zu diesem als auch zu einer Therapie mittels Spondylodese ($p \leq 0,05$).

Reflexstatus	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
<i>nach 6 Wochen</i>		
bds. auslösbar	320	86,7
abgeschwächt	26	7
erloschen	23	6,2
<i>nach 3 Monaten</i>		
bds. auslösbar	199	84,7
abgeschwächt	19	8
erloschen	17	7,2
<i>nach 6 Monaten</i>		
bds. auslösbar	222	97,8
abgeschwächt	16	7
erloschen	15	6,6
<i>nach 1 Jahr</i>		
bds. auslösbar	206	85,5
abgeschwächt	15	6,2
erloschen	20	8,3

Tab. 10: Reflexstatus bei Entlassung, nach sechs Wochen, drei Monaten, sechs Monaten und einem Jahr unter Berücksichtigung der jeweils untersuchten Anzahl an Patienten.

Lokaler Rückenschmerz

Des Weiteren wurden die Patienten zum lokalen Schmerzbefund an der Lendenwirbelsäule befragt. Zum Zeitpunkt der Entlassung klagten 12,4% (n=61) über eine Lumbalgie. Nach sechs Wochen berichteten davon 17,6% (n=86), nach drei Monaten 18,2% (n=89) und nach sechs Monaten 13,9% (n=68). Nach einem Jahr gaben nur noch 11,4% (n=56) der operierten Patienten lokale Rückenschmerzen an. Dabei stellte sich die Angabe einer Lumbalgie zum Zeitpunkt der Entlassung als bedeutsam heraus, da diese Patienten signifikant häufiger eine epidurale Fibrose im Rahmen des Postdiskektomiesyndroms entwickelten ($p \leq 0,01$). Darüber hinaus erhielten Patienten mit

lokalem Rückenschmerz nach drei Monaten signifikant häufiger ($p \leq 0,05$) eine operative Therapie im Rahmen dieses Syndroms und Patienten mit einer Lumbalgie nach einem Jahr entwickelten dieses Syndrom als Ausdruck einer progredienten Wirbelsäulendegeneration signifikant häufiger ($p \leq 0,01$).

Narbenbildung

Während des postoperativen Verlaufes wurden auch Wundkontrollen durchgeführt, die eine regelrechte Narbenbildung überprüfen und auffällige Befunde dokumentieren und behandeln sollten. So zeigten nach sechs Wochen 2,7% ($n=13$) der Patienten eine pathologische Wundheilung mit Hämatom, intermittierendem Narbenschmerz, seröser und eitriger Sekretion oder Wunddehiszenzen. Nach drei Monaten konnte nur bei einem Patienten eine persistierende Wunddehiszenz, nach sechs Monaten bei 1% ($n=5$) Wunddehiszenz und intermittierender Narbenschmerz nachgewiesen werden. Nach einem Jahr gab es bezüglich der Wundheilung und Narbenbildung keine Auffälligkeiten mehr.

Apparative Untersuchungen

Neben der Elektrophysiologie wurde bei speziellen Fragen auch eine Kernspintomographie, eine Computertomographie oder ein konventionelles Röntgen durchgeführt. Die Kernspintomographie wurde zum Ausschluss eines Rezidivbandscheibenvorfalles, einer Diszitis, einer Spinalkanalstenose, einer Anschlussinstabilität einer implantierten Spondylodese, einer epiduralen Fibrose, einer Neuroforamenstenose, einer Spondylolisthesis oder einer Wirbelkörperfraktur herangezogen. Die Computertomographie wurde bei Fragen nach einer Neuroforamenstenose, einem intraabdominellen Entzündungsherd, eines Rezidivbandscheibenvorfalles, einer Materialkontrolle nach der Implantation einer Spondylodese oder einer Wirbelkörperfraktur durchgeführt. Eine konventionelle als auch funktionelle Röntgendiagnostik fand Anwendung bei Verdacht auf eine Koxarthrose, eine Spondylolisthesis oder eine Segmentinstabilität und zur Materialkontrolle nach der Implantation einer Spondylodese oder Schmerzpumpe. Elektrophysiologische Untersuchungen wurden meist zur postoperativen Verlaufskontrolle mit der Frage einer Erholung der entsprechenden Nervenwurzel angewendet, wobei die Indikationsstellung deutlich von deren präoperativer Anwendung abhing. Der Verlauf dieser Befunde wird in der Abbildung 24 und Tabelle 11 dargestellt. Nach sechs Wochen erhielten 10,8% ($n=53$) der Patienten eine elektrophysiologische Untersuchung, die in 73,6% ($n=39$) pathologisch ausfiel. Aus dieser Untersuchung resultierten nach drei Monaten 84,3% ($n=27$) pathologische Ergebnisse bei 32 untersuchten Patienten. Nach sechs Monaten erhielt

man zu 89,7% (n=26) auffällige Resultate bei 29 untersuchten Patienten. Schließlich ergab diese Diagnostik nach einem Jahr unter 29 Patienten zu 75,9% pathologische Ergebnisse.

Elektrophysiologie	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
	<i>präoperativ</i>	
untersuchte Patienten	206	42
pathologisches Ergebnis	161	78
	<i>Nach 6 Wochen</i>	
untersuchte Patienten	53	10,8
pathologisches Ergebnis	39	73,6
	<i>Nach 3 Monaten</i>	
untersuchte Patienten	32	6,5
pathologisches Ergebnis	27	84,3
	<i>Nach 6 Monaten</i>	
untersuchte Patienten	29	5,9
pathologisches Ergebnis	26	89,7
	<i>Nach 1 Jahr</i>	
untersuchte Patienten	29	5,9
pathologisches Ergebnis	22	75,9

Tab. 11: Ergebnis und Anzahl untersuchter Patienten der präoperativen und postoperativen elektrophysiologischen Untersuchungen.

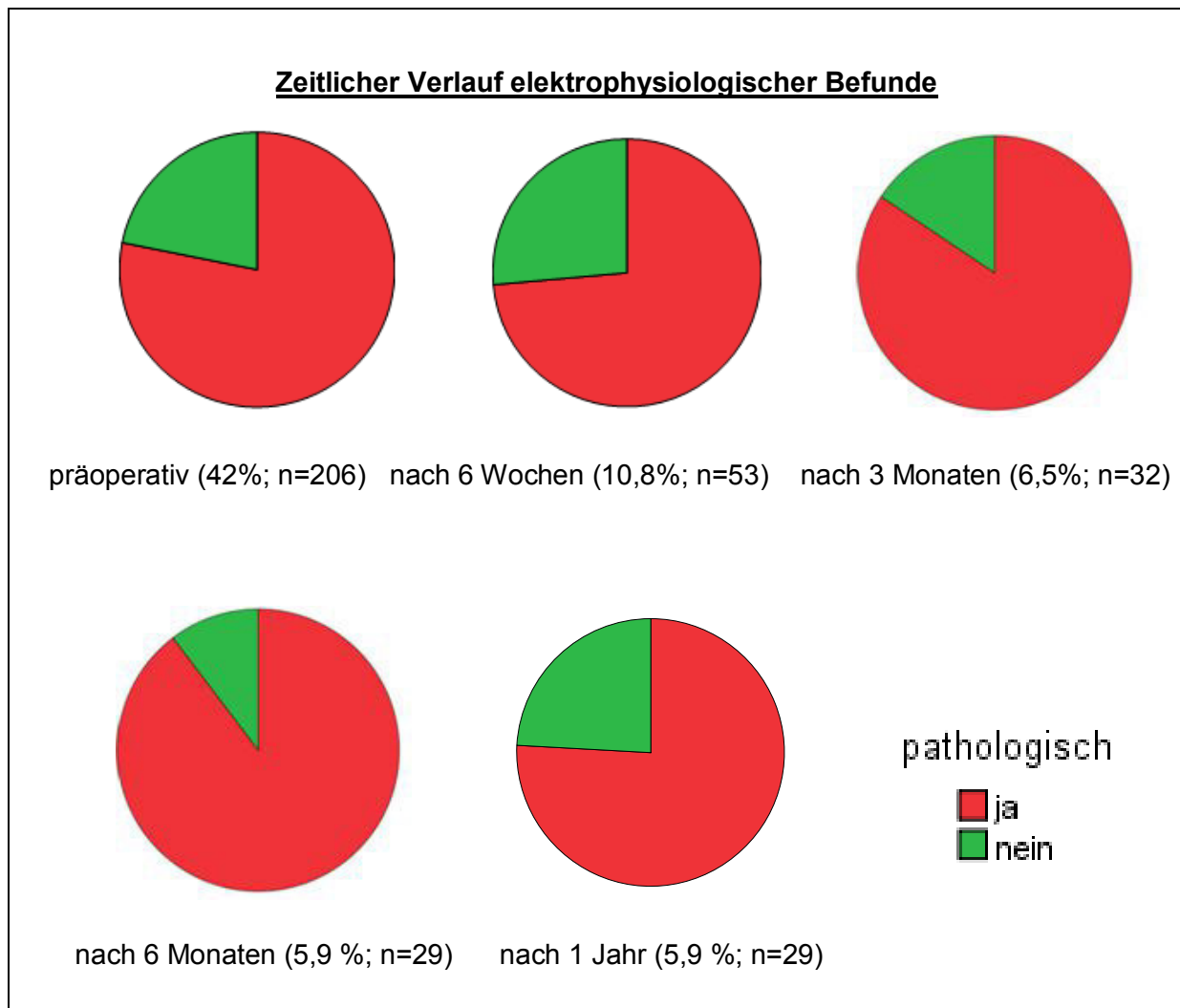


Abb. 24: Zeitlicher Verlauf elektrophysiologischer Befunde mit Angabe des Anteils der untersuchten Patienten am gesamten Patientengut.

5.7 Postdiskektomiesyndrom

Nach der mikrochirurgischen Operation lumbaler Bandscheibenvorfälle war bei einem Großteil der Patienten ein gutes Ergebnis bezüglich der Beschwerderegressions zu verzeichnen gewesen. Obwohl diese Intervention keinen kurativen Charakter besitzt, sondern nur das Symptom einer Wirbelsäulendegeneration behandelt, konnte die Mehrheit der Patienten einen zumindest mittelfristigen Erfolg berichten.

Ursachen des Postdiskektomiesyndroms

Bei 13,3% (n=65) der Patienten kam es im Beobachtungszeitraum jedoch zu einer weiteren klinischen Manifestation degenerativer segmentaler Veränderungen in Form eines Postdiskektomiesyndroms. Dieses erfasst eine Vielzahl operationsbedingter pathologischer Befunde im operierten Wirbelsäulenbereich, welche im vorliegenden

Patientengut folgendermaßen vertreten waren und in der Tabelle 12 gelistet sind: zu 66,2% (n=43) ein Rezidiv derselben Stelle, zu 3% (n=2) ein Rezidiv der anderen Seite, zu 4,6% (n=3) ein Rezidiv anderer Höhe, zu 10,8 % (n=7) epidurale Fibrose, zu 6,2% (n=4) eine Spinalkanalstenose und Osteochondrose und zu 9,2% (n=6) eine Mikroinstabilität. Dabei konnten deutliche Altersunterschiede festgestellt werden: Jüngere Patienten entwickelten eher echte Rezidive, epidurale Fibrose und Mikroinstabilität, während das mittlere Alter bei Patienten mit Pseudorezidiven und degenerativer Spinalkanalstenosen mit 55 (SD 20) und 57 (SD 14) Jahren deutlich erhöht war.

Pathologie	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
Rezidiv selbe Stelle	43	66,2
Rezidiv andere Seite	2	3
Rezidiv andere Höhe	3	4,6
Epidurale Fibrose	7	10,8
Spinalkanalstenose	4	6,2
Mikroinstabilität	6	9,2

Tab. 12: Dem Postdiskektomiesyndrom zugrunde liegende Pathologie; N=65.

Zeitpunkt der Manifestation des Postdiskektomiesyndroms

Die Dauer von der primären Operation bis zur Manifestation des Syndroms in Form von Beschwerden betrug durchschnittlich drei bis sechs Monate. Die genaue zeitliche Verteilung zeigt die Abbildung 25. Bei 24,6% (n=16) traten erste Beschwerden schon innerhalb der ersten zwei Wochen auf, bei 7,7% (n=5) zwischen zwei Wochen und einem Monat, bei 10,8% (n=7) zwischen einem und drei Monaten, bei 16,9% (n=11) zwischen drei und sechs Monaten, bei 21,5% (n=14) zwischen sechs Monaten und einem Jahr und bei 18,5% (n=12) nach einem Jahr.

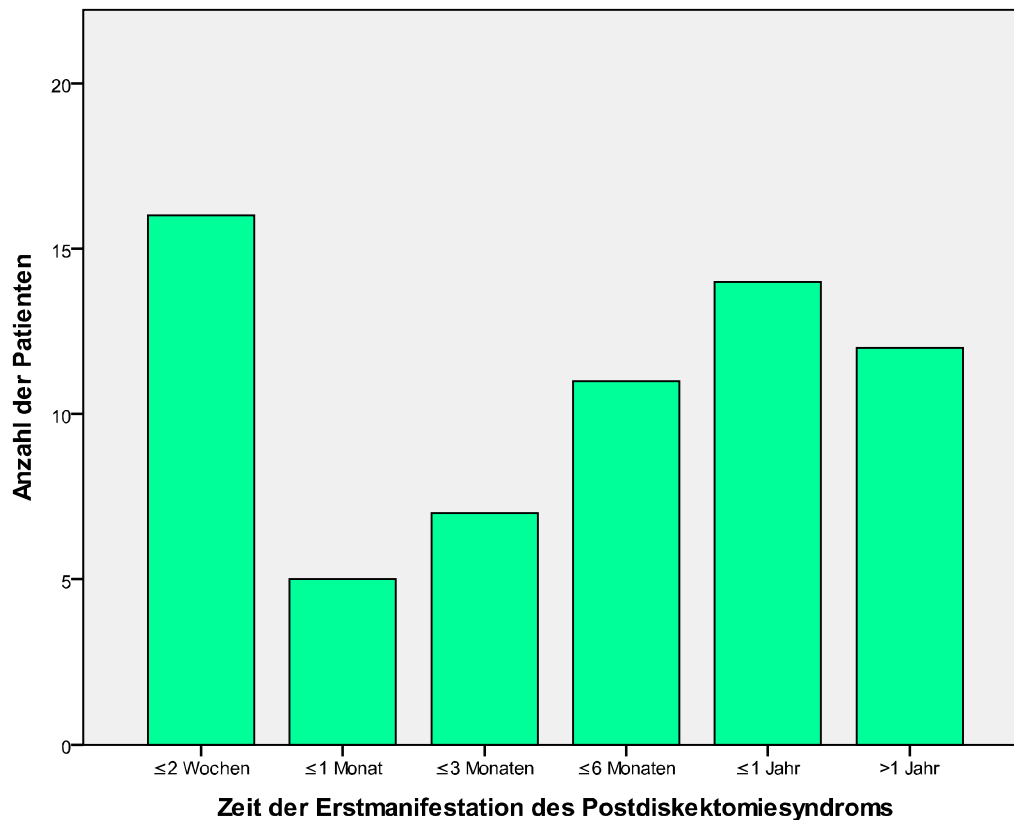


Abb. 25: Zeit der Erstmanifestation des Postdiskektomiesyndroms; N=65.

Symptomatik des Postdiskektomiesyndroms

Das Postdiskektomiesyndrom manifestierte sich, wie in der Tabelle 13 veranschaulicht, stets mit einer radikulären Schmerzsymptomatik, zu jeweils 23,1% (n=15) mit motorischen und sensiblen Defiziten, zu 4,6% (n=3) mit einem positiven Zeichen nach Lasègue und zu 7,7% (n=5) mit Reflexausfällen.

Symptome	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
Lumboischialgie	48	100
Parese	15	23,1
Hypästhesie	15	23,1
Lasègue	3	4,6
Reflexausfall	5	7,7

Tab. 13: Symptomatik bei Revision; N=48.

Therapie des Postdiskektomiesyndroms

Das Therapieregime des Postdiskektomiesyndroms ist wie das des Bandscheibenvorfalles facettenreich und kommt in der Tabelle 14 zur Darstellung. Patienten mit diesem Syndrom wurden zu 26,2% (n=17) rein konservativ mit Analgetika, Krankengymnastik, Facettengelenksinfiltrationen, sakraler Umflutung, Wurzelblockaden oder Schmerzpumpen therapiert. Operativ wurden hingegen jeweils 36,9 % (n=24) mit Hilfe einer erneuten Nucleo- und Sequestrektomie als auch einer Spondylodese behandelt. Bezogen auf das gesamte Patientengut ergab das eine Rate von 4,9% für jede operative Technik und somit eine Revisionsrate von 9,8%.

Therapie des PDKS	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
Konservativ	17	26,2
Nucleo- und Sequestrektomie	24	36,9
Spondylodese	24	36,9

Tab. 14: Therapie des Postdiskektomiesyndroms; N=65.

Der Zeitpunkt der Implantation der posterioren lumbalen interkorporellen Fusion lag dabei durchschnittlich ebenfalls bei drei bis sechs Monaten und wird durch die Tabelle 15 dargestellt. Bei 12,5% (n=3) der PLIF-Patienten wurde die Spondylodese in den ersten zwei Wochen nach der Primäroperation implantiert, bei 16,7% (n=4) zwischen ein und drei Monaten, bei 29,1% (n=7) zwischen drei und sechs Monaten, bei 16,7% (n=4) zwischen sechs Monaten und einem Jahr und bei weiteren 25% (n=6) nach einem Jahr.

Zeitpunkt der PLIF	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
≤ 2 Wochen	3	12,5
≤ 3 Monate	4	16,7
≤ 6 Monate	7	29,1
≤ 1 Jahr	4	16,7
≤ 3 Jahre	6	25

Tab. 15: Zeitpunkt der Implantation einer Spondylodese; N=24.

Hinsichtlich der Anzahl an Revisionseingriffen ergaben sich die folgenden in der Tabelle 16 aufgeführten Werte: 91,7% (n=44) wurden im dokumentierten postoperativen Verlauf einmal revidiert, sei es mit Nucleo- und Sequestrektomie oder Spondylodese. Drei

Patienten wurden zweimalig revidiert, wobei der zweite Eingriff stets eine Stabilisierung des Segmentes mit Hilfe einer Spondylodese vorsah. Der Patient, der im Beobachtungszeitraum dreimal revidiert worden war, bekam bei der zweiten Revision die Implantation einer Spondylodese, die im dritten Eingriff aufgrund einer Anschlussinstabilität verlängert wurde.

Revisionen	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit [%]
einmalige Revision	44	91,7
zweimalige Revision	3	6,3
dreimalige Revision	1	2

Tab. 16: Anzahl der Revisionen; N=48.

Die Anzahl an Revisionen stand dabei in einem signifikanten Verhältnis zum weiteren postoperativen Verlauf. Mit steigender Anzahl der Revisionen konnten folgende Pathologika dokumentiert werden: häufigere Paresen als Grund für die erste Revision ($p \leq 0,05$), eine im Vorfeld schlechtere Regredienz der Lumboischialgie und Parese nach sechs Wochen ($p \leq 0,05$), ein gehäuft pathologischer Test nach Lasègue nach sechs Wochen, mehr elektrophysiologische Untersuchungen nach drei Monaten ($p \leq 0,05$), mehr epidurale Fibrose als Grund für das Postdiskektomiesyndrom ($p \leq 0,05$), gehäuft mehr aktive Denervierungszeichen ($p \leq 0,01$) und gehäuft mehr degenerative Wirbelsäulenveränderungen ($p \leq 0,05$). Generell stellten sich Patienten mit einer Revision im weiteren Verlauf im Rahmen aller ambulanten Nachkontrollen gehäuft vor ($p \leq 0,01$), zeigten vermehrt einen pathologischen Reflexstatus nach sechs Wochen, drei Monaten und einem Jahr ($p \leq 0,01$), eine schlechtere Regredienz der Schmerzen und Hypästhesie nach sechs Wochen, sechs Monaten und einem Jahr ($p \leq 0,01$), eine schlechtere Regredienz der Parese im gesamten postoperativen Verlauf ($p \leq 0,01$), ein gehäuft pathologisches Zeichen nach Lasègue ($p \leq 0,01$) und gaben vermehrt lokalen Rückenschmerz nach drei Monaten und einem Jahr an ($p \leq 0,01$). Patienten mit einer Parese als Grund der Revision zeigten eine deutlich schlechtere Regredienz der Parese nach sechs Wochen ($p \leq 0,01$) und wiesen als Grund des Postdiskektomiesyndroms ausschließlich einen Rezidivvorfall derselben Stelle oder derselben Höhe auf ($p \leq 0,05$). Des Weiteren zeigten sie eine signifikant frühere Manifestation eines Postdiskektomiesyndroms ($p \leq 0,01$), eine frühere Revision und eine frühere Implantation einer Spondylodese ($p \leq 0,01$). Patienten, deren Symptomkomplex ein positives Zeichen nach Lasègue zum Zeitpunkt der Revision beinhaltete, zeigten als Grund des Postdiskektomiesyndroms signifikant häufiger kernspintomographisch eine epidurale

Fibrose ($p \leq 0,01$). Diese wiederum führte zu einer meist konservativen Therapie dieses Syndroms ($p \leq 0,05$). Patienten, bei denen zum Zeitpunkt der Revision ein Reflexausfall dokumentiert werden konnte, zeigten auch im Vorfeld im Rahmen der ambulanten Nachkontrollen nach sechs Wochen einen pathologischen Befund bei der Erhebung des Reflexstatus ($p \leq 0,01$). Besonders der Zeitpunkt einer Revision im postoperativen Verlauf beeinflusste den jeweiligen klinischen Befund. Patienten, die im postoperativen Verlauf deutlich früher revidiert worden waren, zeigten so während der Kontrollen nach sechs Wochen eine signifikant schlechtere Regredienz der Beschwerden ($p \leq 0,01$). Patienten, deren Revision später terminiert war, präsentierten sich anfangs noch mit einem unauffälligen Befund. Die unterschiedlichen Pathomorphologien, die einem Postdiskektomiesyndrom zu Grunde lagen, bestimmten maßgebend den Zeitpunkt der Revision ($p \leq 0,05$). So wurden Patienten auf Grund einer Mikroinstabilität oder eines chronischen Schmerzsyndroms signifikant später revidiert. Patienten mit einem echten Rezidiv wurden signifikant häufiger in den ersten sechs Monaten nach der Primäroperation revidiert, wobei sich deren Beschwerden häufiger innerhalb der ersten zwei Wochen nach der Primäroperation manifestierten ($p \leq 0,05$).

6 DISKUSSION

6.1 Demografische Daten

6.1.1 Alter

Das im Rahmen dieser Retrospektivanalyse rekrutierte Patientengut weist mit einem mittleren Alter von 50 Jahren (SD 14,5), einem Gipfel in der vierten und fünften Lebensdekade und einer Altersspanne von 18 bis 92 Jahren eine typische Altersstruktur auf, wie sie auch in anderen Studien zu finden ist (Kotilainen et al. 1993). Die bildmorphologische Nachweisbarkeit degenerativer Veränderung setzt schon in der zweiten Lebensdekade ein, wobei eine eventuelle klinische Manifestation erst nach zwei bis drei Jahrzehnten folgt (Hosten und Liebig 2007). In Studien von Rompe et al. 1999, Street et al. 2012 und Matzen et al. 2000 wiesen Patienten ein mittleres Alter von 45, 54 beziehungsweise 48 Jahren und eine Altersspanne von 18 bis 83, von 16 bis 90 beziehungsweise von 20 bis 82 Jahren auf. Das vermehrte Auftreten im mittleren Lebensalter kann durch eine biomechanisch ungünstige Konstellation von einem noch hohen intradiskalen Quelldruck und einem bereits eingetretenen Widerstandsverlust des Anulus fibrosus durch degenerative Rissbildung mit einer erhöhten Neigung zu Bandscheibenverlagerung und eventueller Perforation des Faserrings erklärt werden (Krämer et al. 2005b). Mit zunehmendem Alter reduziert sich neben der Widerstandskraft des Anulus auch der Quelldruck des Gallertkernes, sodass die Inzidenz der Bandscheibenvorfälle wieder abnimmt (Weyreuther et al. 2006). Die niedrige Inzidenz bei Frauen in der sechsten Lebensdekade könnte einen Einfluss hormoneller Veränderungen auf intradiskale degenerative Prozesse vermuten lassen.

Die ermittelte signifikante Korrelation von Alter und Höhenlokalisierung des Bandscheibenvorfalles ($p \leq 0,01$) präsentiert sich auch in anderen Analysen zu dieser Thematik. Während durch die vorliegende Retrospektivstudie ein mit 60 Jahren deutlich höheres mittleres Alter der Patienten mit einer Bandscheibenpathologie oberhalb des Segmentes LWK 4/5 nachgewiesen wurde, zeigt sich auch in Dammers und Koehler 2002 folgende Altersverteilung: 60 Jahre für die Segmente LWK2/3 und LWK3/4, 50 Jahre für LWK4/5 und durchschnittlich 44 Jahre für das Segment LWK5/SWK1. Auch Iwasaki et al. 2011 stellte ein höheres Alter bei Patienten mit Vorfällen der oberen Etagen fest.

Diese Unterschiede des mittleren Alters in den verschiedenen Höhen wurden nochmals genauer analysiert. Ältere Patienten zeigten, in wenn auch leicht reduziertem Maße, ebenso Vorfälle der unteren Etagen. Damit scheint ihre Höhenpräferenz weitaus weniger ausgeprägt als bei jüngeren Patienten, die fast ausschließlich Pathologien der kaudalen

Segmente entwickelt hatten. Da diese jüngeren Patienten vor allem der vierten und fünften Lebensdekade angehörten und so die Mehrheit des Patientengutes bildeten, sorgt ihre ausgeprägte Höhenpräferenz für einen solch deutlichen Altersunterschied zwischen kranialer und kaudaler Lendenwirbelsäule. Die Frage, warum Jüngere nun Vorfälle bevorzugt in den unteren Segmenten und Ältere überall gleichermaßen entwickeln, ist letztlich wieder auf das Missverhältnis zwischen intradiskalem Quelldruck und Widerstandsverlust des Faserrings zurückzuführen, welches gerade an den mechanisch stärker beanspruchten kaudalen Bandscheiben zu einer Verlagerung des Gewebes führen kann. Bei älteren Patienten stehen die Bandscheiben durch degenerative Umwandlungsprozesse des Gallertkernes nicht mehr unter solch einem erhöhten Druck, wodurch sich die Anfälligkeit gegenüber mechanischen Belastungen und eine konsekutive Verlagerungstendenz deutlich reduzieren. Die weitestgehende Unabhängigkeit von mechanischer Belastung bewirkt eine gleichmäßigere Verteilung der Bandscheibenvorfälle älterer Patienten über die gesamte Lendenwirbelsäule.

Da die Lokalisation der präoperativen Symptomatik erwartungsgemäß mit der Höhe des Bandscheibenvorfalles und einer konsekutiven Kompression der entsprechenden Nervenwurzel korrelierte ($p \leq 0,01$), ergaben sich für betroffene kraniale Segmente auch eine Ausbreitung der radikulären Schmerzen und Hypästhesien entlang der entsprechenden Dermatome und vermehrt motorische Defizite des M. iliopsoas und M. quadriceps bei einem mittleren Alter von 60 Jahren (SD 13). Hingegen zeigten Fußheberparesen und Großzehenheberparesen ein durchschnittliches Alter von 51 Jahren (SD 14) und Fußsenkerparese ein mittleres Alter von nur 47 Jahren (SD 12). Das Ergebnis von Krämer et al. 2005a stellt sich hier kontrovers dar, da es eine proximale Schmerzausstrahlung bei jugendlichen und eine periphere bei älteren Patienten berichtet.

Ein mit dem Alter abnehmender Kraftgrad der präoperativen Parese ($p \leq 0,01$) geht konform mit der Beobachtung, dass sich ältere Patienten häufiger als jüngere mit einer schwerwiegenden Symptomatik vorstellten, die eine klare Indikation zu zeitnaher operativer Therapie lieferte ($p \leq 0,05$). Eine dafür mögliche Erklärung, dass ältere Patienten eine Vorstellung zur operativen Therapie hinauszögern könnten, ließ sich anhand einer längeren Zeit mit Beschwerden nicht sicher nachweisen. Im Gegenteil konnte eine Tendenz zu einer kurzfristigen Vorstellung durch ältere Patienten eben aufgrund des hohen Beschwerdemaßes beobachtet werden. Dies könnte letztlich durch die gerade bei älteren Patienten sehr kritisch gestellte Operationsindikation und die Favorisierung konservativer Therapieversuche bedingt sein.

Junge Patienten fielen durch ein signifikant schlechteres Ergebnis bei der Untersuchung des Zeichen nach Lasègue auf ($p \leq 0,01$), während ältere Patienten weniger empfindlich auf diese Nervenwurzelreizung reagierten. Dies kann durch den Zusammenhang zwischen Sequesterlage und Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Operation ($p \leq 0,01$) erklärt werden. Da sich laterale Vorfälle aufgrund der Entfernung vom Duralsack einer klinischen Abbildung durch den Test nach Lasègue weitgehend entziehen und das mittlere Alter dieser Lage mit 56 Jahren (SD 12) weit über dem intrakanalikulärer Sequester liegt, weisen ältere Patienten weniger häufig ein pathologisches Ergebnis auf. Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass ältere Patienten eher ein ausgeprägtes motorisches Defizit und jüngere Patienten mit distal lokalisierten Vorfällen eher einen pathologischen Test nach Lasègue aufweisen.

Die mit dem Alter erhöhte Anzahl an Begleiterkrankungen ($p \leq 0,01$) und zusätzlichen bildmorphologischen Zeichen degenerativer Wirbelsäulenveränderungen wie Foramenstenose, Spinalkanalstenose, Osteochondrose, Spondylarthrose und Spondylolisthesis präsentierte sich auch in anderen Studien wie Sizer et al. 2000, Pulido-Rivas et al. 2004 oder Street et al. 2012, die darüber hinaus eine erhöhte Rate postoperativer Komplikationen zeigten, was in der vorliegenden Analyse nicht nachgewiesen werden konnte. Hier zeigte sich lediglich eine signifikante Verlängerung der Operationszeit infolge schwieriger anatomischer Verhältnisse bei älteren Patienten ($p \leq 0,01$).

Aufgrund der Dokumentation einer mit dem Alter steigenden Anzahl degenerativer Zeichen, stellt sich die Frage, welche Faktoren diesen progredienten alterstypischen Prozess beschleunigen und so zu einer früheren klinischen Manifestation führen. Dabei werden von Hacke 2010 hereditäre Bindegewebsschwäche, Übergewicht und einseitige körperliche Belastung ins Feld geführt. Videman et al. 1998 bestätigten eine genetische Prädisposition für eine vorzeitige Bandscheibendegeneration mit einem nachgewiesenen Vitamin-D-Rezeptor-Polymorphismus. Auch Patel et al. 2011 konnten eine hereditäre Veranlagung zu degenerativen Wirbelsäulenveränderungen nachweisen. Der Einfluss mechanisch bedingter Belastungen auf degenerative Bandscheibenveränderungen, welcher oft im Interesse arbeitsmedizinischer Untersuchungen steht, wurde durch zahlreiche Autoren wie Videman und Battié 1999, Brinckmann et al. 2000, Taylor et al. 2000 und David et al. 2011 bestätigt. Dabei konnte jedoch keine eindeutige Korrelation von Belastungsausmaß und Schädigung gefunden werden, sodass biomechanische Veränderungen nur eine bereits durch endogene Einflüsse vorgeschädigte und zur

übermäßigen Degeneration veranlagte Bandscheibe beanspruchen und die Ausbildung eines Vorfalles begünstigen können.

Eine mikrochirurgische Dekompression über eine alleinige Ausräumung des Sequesters ohne Manipulation an der Bandscheibe wurde in der vorliegenden Analyse signifikant häufiger bei älteren Patienten durchgeführt ($p \leq 0,01$), wohingegen Reichel et al. 2000 den Verzicht auf ein forciertes Ausräumen des Zwischenwirbelraumes gerade bei jüngeren Patienten empfiehlt, um im Langzeitverlauf dessen Kollaps mit konsekutiver segmentaler Instabilität zu vermeiden.

Des Weiteren stellt ein erhöhtes Alter zum Zeitpunkt der Operation einen Risikofaktor für ein schlechteres postoperatives Outcome dar. Ältere Patienten hatten somit signifikant häufiger Revisionseingriffe, eine schlechtere Regredienz der Parese und Hypästhesie und häufiger lokalen Rückenschmerz. Ein erhöhtes Alter als negativer Prädiktor wurde auch von Dvorak et al. 1988, Jerosch und Castro 1996 und Eckardt 2011 erkannt.

6.1.2 Geschlecht

Die Zusammensetzung des vorliegenden Patientengutes aus 276 Männern (56%) und 214 Frauen (44%) entspricht der aktuellen Studienlage (Kotilainen et al. 1993, Schwetlick 1998, Matzen et al. 2000, Dewing et al. 2008).

Obwohl bezüglich einer generellen Wirbelsäulendegeneration keine Geschlechtsspezifität bekannt ist (Reichel et al. 2000), leiden Männer häufiger unter Bandscheibenvorfällen und Frauen häufiger unter chronischen Rückenschmerzen (Hacke 2010). Letzteres konnte in dieser Analyse nicht nachgewiesen werden.

Im Gegensatz zum Alter des Patienten spielt das Geschlecht bezüglich des postoperativen Ergebnisses eine untergeordnete Rolle. Dennoch konnten in dieser Analyse einzelne signifikante Daten erhoben werden. So wurden Männer signifikant häufiger einer präoperativen elektrophysiologischen Untersuchung zugeführt ($p \leq 0,05$), wiesen dann vermehrt pathologische Ergebnisse auf und zeigten im Rahmen der Elektromyographie häufiger aktive Denervierungszeichen als die untersuchten Frauen, die meist das Bild eines chronischen Nervenschadens präsentierten ($p \leq 0,01$). Bei postoperativen elektrophysiologischen Untersuchungen wiesen hingegen die Frauen häufiger pathologische Befunde auf ($p \leq 0,05$). Extraforaminale Sequester wurden mehrheitlich bei männlichen Patienten gefunden ($p \leq 0,05$). Des Weiteren wiesen Männer eine kürzere Operationszeit ($p \leq 0,05$), weniger allgemeine postoperative Komplikationen ($p \leq 0,01$) und im postoperativen Verlauf weniger Reflexausfälle, mehr unauffällige

Befunde im Rahmen des Testes nach Lasègue und bessere Regredienz radikulärer Schmerzen auf ($p \leq 0,01$). Das Risiko für ein Postdiskektomiesyndrom im weiteren Verlauf stellte sich als geschlechtsunabhängig dar, jedoch erlitten Frauen dieses deutlich früher als Männer, bei denen sich entsprechende Symptome erst nach einem Jahr manifestierten ($p \leq 0,05$). Während Young et al. 1997 ebenfalls das weibliche Geschlecht als Prädiktor für ein schlechteres postoperatives Outcome nachweisen konnten, stellen Jerosch und Castro 1996 und Haugen et al. 2012 hingegen ein schlechteres postoperatives Ergebnis für männliche Patienten dar.

6.1.3 Komorbidität

Der Faktor Komorbidität stellte sich bei Mannion und Elfering 2006, Eckardt 2011, Haugen et al. 2012 als auch in dieser Analyse als ein negativer Prädiktor für das Ergebnis der mikrochirurgischen Operation heraus. Patienten mit Begleiterkrankungen wiesen eine längere Operationsdauer ($p \leq 0,05$), mehr postoperative Komplikationen ($p \leq 0,05$), häufigere Revisionseingriffe ($p \leq 0,01$), schlechtere Regredienz der Lumboischialgie und Parese im weiteren Verlauf ($p \leq 0,05$) und ein deutlich erhöhtes Risiko ($p \leq 0,01$) für ein Postdiskektomiesyndrom auf.

Da degenerative Wirbelsäulenveränderungen über das Alter des Patienten hochgradig mit dem Faktor der Begleiterkrankungen korrelierten, zeigten sich auch hier längere Operationszeiten ($p \leq 0,01$), signifikant häufigere Revisionseingriffe ($p \leq 0,05$), eine schlechtere Rückbildung der postoperativen Lumboischialgie und Parese ($p \leq 0,05$), häufigere Lumbalgie nach einem Jahr ($p \leq 0,05$) und ein erhöhtes Risiko für ein Postdiskektomiesyndrom ($p \leq 0,05$). Damit stellt eine bildmorphologisch nachgewiesene progrediente Wirbelsäulendegeneration einen negativen Prädiktor für das postoperative Outcome dar.

Die im vorliegenden Patientengut nachgewiesenen weiteren anatomischen Aberrationen der Lendenwirbelsäule mit einer Lumbalisationsrate von 2,8% ($n=14$) finden durch Eckardt 2011, wo über 5-8% Lumbalisations- und Sakralisationsphänomene berichtet wird, und Mahato 2010, wo eine Lumbalisationsrate von 3,9% angegeben wird, Bestätigung.

6.2 Präoperative klinische Symptomatik und Diagnostik

Anamnese und klinische Untersuchung ergänzt durch eine bildgebende Diagnostik haben die größte Bedeutung hinsichtlich der Operationsindikation und Prognose des postoperativen Ergebnisses (Reichel et al. 2000, Krämer et al. 2005a, Glassman et al. 2011). Im vorliegenden Patientengut wurde primär die Kernspintomographie als bildgebende Diagnostik angewandt, was aktuell dem Goldstandard aufgrund des Informationsgewinns und fehlender Strahlenbelastung entspricht (Dora et al. 2005, Weyreuther et al. 2006, Siewert 2006, Hacke 2010). Dabei kann anhand der Beurteilung von Prolapsgröße und Ausmaß der Nervenwurzelkompression in der Magnetresonanztomographie eine Prognose über das postoperative Ergebnis der mikrochirurgischen Dekompression getätigt werden. Nach Lurie et al. 2013 hatten Patienten mit bildmorphologisch ausgeprägter Kompression von Nervenwurzeln und Duralsack ein besseres Outcome vorzuweisen.

Die Befunde der präoperativen klinischen Untersuchung hatten zum Teil eine große Bedeutung für die Rückbildung der Symptomatik bis hin zur Beschwerdefreiheit und erwiesen sich letztlich als wertvolle Prädiktoren für die Einschätzung des postoperativen Verlaufes.

Wie bereits erwähnt, entsprach die Lokalisation der präoperativen Symptomatik der Höhe des Bandscheibenvorfalles ($p \leq 0,01$), was eine wichtige Grundlage für die Segmentidentifikation mit Hilfe der klinischen Untersuchung darstellt.

Das Ausmaß und die Intensität der Symptomatik zum Zeitpunkt der stationären Vorstellung beziehungsweise zum Zeitpunkt der Bildgebung stellte sich ähnlich dem Kraftgrad der Parese als valider Indikator für den Nervenwurzelschaden und die Dringlichkeit zu einer operativen Dekompression heraus ($p \leq 0,01$). So wurden Patienten mit ausgeprägten Beschwerden häufiger einer nicht elektiven Operation nachts oder während des Dienstes zugeführt und zeigten eine deutlich bessere Regredienz der Parese bei Entlassung ($p \leq 0,01$). Daraus kann gefolgert werden, dass schwere Paresen sich meist nur langsam erholen, aber gerade aufgrund des vorhandenen Rückbildungspotentials operiert werden sollten. Ein ausgeprägtes Beschwerdebild mit massiven Schmerzen und neurologischen Defiziten besteht meist erst seit kurzem und weist so aufgrund eines noch reversiblen Nervenschadens eine operative Therapierbarkeit und gute postoperative Heilungstendenz auf.

Lumboischialgie

Die segmentale Ausbreitung der Lumboischialgie hatte keinen Einfluss auf deren postoperative Heilungstendenz oder eine allgemein erhöhte Revisionsrate. Entsprechend der Resultate von Chin et al. 2008 und Kleinstueck et al. 2011, wonach Patienten mit dominierendem Rückenschmerz ähnlich gute postoperative Ergebnisse wie Patienten mit radikulär ausstrahlenden Schmerzen aufwiesen, konnte in dieser Analyse für die fünf Patienten mit Lumbalgie keine schlechtere Rückbildung der weiteren neurologischen Defizite im postoperativen Zeitraum nachgewiesen werden. Diese Patienten bedürfen lediglich der Aufklärung, dass jene Rückenschmerzen durch die mikrochirurgische Dekompression allein kaum behandelbar sind. Postacchini 1996 und Dewing et al. 2008 konnten hingegen für Patienten mit vorwiegendem Rückenschmerz ein schlechteres Outcome identifizieren.

Motorische Defizite

Die Schwere des motorischen Defizites im vorliegenden Patientengut entsprach der Verteilung der Kraftgrade, wie sie durch Postacchini et al. 2002 abgebildet wird. Auch Krämer et al. 2005a fanden die Paresen vornehmlich bei einem Kraftgrad zwischen 2 und 4 vor, was auf die polysegmentale lumbale Innervation zurückzuführen ist. Aufgrund des gehäuftten Auftretens bestimmter Paresen in den unterschiedlichen Altersgruppen und deren Korrelation mit dem Kraftgrad einer Parese ($p \leq 0,01$) präsentierten sich Fußheberparesen mit einem deutlich geringeren Kraftgrad ($p \leq 0,01$) als die anderen Muskeln der unteren Extremität, als auch mit einer deutlich langsameren Rückbildung im postoperativen Verlauf. Patienten mit schweren Paresen lieferten im Rahmen präoperativer elektrophysiologischer Untersuchungen signifikant häufiger ($p \leq 0,05$) pathologische Befunde und hatten eine deutlich kürzere Zeit mit Beschwerden und konservativen Therapieversuchen hinter sich ($p \leq 0,01$). Dies könnte als Hinweis auf eine unausweichliche Nervenwurzelkompression mit manifestem Nervenschaden gesehen werden, woraus sich eine absolute Indikation zur operativen Dekompression ohne die Möglichkeit eines konservativen Therapieversuches ergibt. Diese Dringlichkeit bestätigte sich in der Tatsache, dass diese Patienten signifikant häufiger einer nicht elektiven zeitnahen Operation zugeführt wurden ($p \leq 0,01$). Eine schwere Parese, für sich allein betrachtet, resultierte in einem häufiger pathologischen Ergebnis der postoperativen Elektrophysiologie und einer schlechteren Regredienz der Parese zum Zeitpunkt der Entlassung, woraus sich eine langsame aber dennoch vorhandene Heilungstendenz ableiten lässt, da die Rückbildung zu späteren Zeitpunkten regelrecht verlief. Haugen et al. 2012 sehen eine Assoziation zwischen ausgeprägtem muskulären Defizit und einem

zunächst schlechterem postoperativen Outcome. Auch Postacchini et al. 2002 fanden heraus, dass sich die Regredienz von ausgeprägten, schon länger bestehenden Paresen am schwierigsten gestaltete. Die Parese im Rahmen eines Cauda-equina-Syndroms hatte hingegen eine bessere Heilungstendenz aufzuweisen. So ist nicht die Parese allein ein Prädiktor für deren postoperative Regredienz, sondern das Zusammenspiel der verschiedenen klinischen Befunde (Dvorak et al. 1988).

Sensible Defizite

Im Rahmen der klinischen Untersuchung gaben 70,3% der Patienten (n=345) Gefühlsstörungen im Sinne von Hypästhesien und Parästhesien an, während Hacke 2010 über eine Hypästhesierate von 90-95% berichtet. Für Hypästhesien mit distaler Ausbreitung wurde eine schlechtere postoperative Regredienz gefunden ($p \leq 0,05$), da sie bei Eintreten eines Postdissektomiesyndroms weiterhin persistierten.

Reflexstatus

Eine verminderte Auslösbarkeit der Muskeleigenreflexe als Ausdruck der Unterbrechung des Reflexbogens infolge der Läsion sensibler Nervenfasern ging stets einher mit weiteren neurologischen Ausfällen ($p \leq 0,01$). Daraus ergibt sich die Frage, inwiefern die Prüfung der Reflexe neben der Identifizierung der geschädigten Nervenwurzel auch deren Reizzustand abbilden kann (Esene et al. 2012). Obwohl im Seitenvergleich fehlende Reflexe der unteren Extremität einen eindrücklichen klinischen Befund darstellen, ist deren Bedeutung für die Operationsindikation gering (Krämer et al. 2005a). In der vorliegenden Analyse zeigte ein pathologischer Reflexstatus im Durchschnitt eine adäquate Rückbildung. Patienten mit präoperativer Reflexabschwächung behielten diese oft bis zu den ambulanten Untersuchungen, wobei meist eine gute Heilungstendenz zu verzeichnen war. Von den 86 Patienten mit präoperativ erloschenen Reflexen zeigten 40,7% (n=35) nach einem Jahr wieder ein unauffälliges Ergebnis, 5,8% (n=5) zeigten immerhin nur abgeschwächte Reflexe und 8,1% (n=7) zeigten keinerlei Besserung. Trotz dieser Heilungstendenz kann aufgrund der Tatsache, dass bei 49,2% (n=241) der Patienten sich mit Hilfe der Reflexuntersuchung präoperativ kein Hinweis auf einen Nervenschaden ergab, der Reflexstatus nicht zur sicheren Evaluierung der Nervenwurzelkompression und somit nicht zur Operationsindikation herangezogen werden.

Zeichen nach Lasègue

Eine positive Reaktion im Rahmen des Testes nach Lasègue zeigt den Reizzustand der Nervenwurzel aufgrund der Dehnung von Dura, der Spinalnerven L4, L5, S1 sowie des

N. ischiadicus an. Da die kaudalen Segmente eine Domäne der jüngeren Patienten darstellen, wiesen diese häufiger ein positives Ergebnis auf als ältere Patienten, die eher ein positives Femoralisdehnungszeichen präsentieren. Patienten mit extraforaminalen Bandscheibenvorfällen, die, wie schon erwähnt, eine Häufung im Segment LWK 3/4 zeigten, wiesen eher ein positives Femoralisdehnungszeichen auf. Da sich intraforaminale Sequesterlagen aufgrund der Entfernung vom Duralsack einer Nachweisbarkeit durch den Test nach Lasègue meist entzogen, scheint der Test nach Lasègue ausschließlich intrakanalikuläre Vorfälle ausreichend abzubilden. Ein beidseits auslösbarer Lasègue als Zeichen eines medialen Vorfalles zeigte sich bereits bei geringen Gradzahlen positiv ($p \leq 0,01$), was auf eine massive Kompression von Durasack und Nervenwurzeln im Sinne eines Cauda-equina-Syndroms deutete. Das Zeichen nach Lasègue zeigte im postoperativen Verlauf eine zufriedenstellende Rückbildung als Zeichen einer langsamen neuronalen Erholung ($p \leq 0,01$). Während das Dehnungszeichen nach Lasègue generell eine große Bedeutung für den Entscheid zur operativen Intervention besitzt (Krämer et al. 2005a), sollte ein negatives Ergebnis bei älteren Patienten hingegen kein Ausschlusskriterium sein, da es aufgrund der Höhenpräferenz hier ohnehin seltener zu finden ist. Im Gegensatz zur Analyse von Dvorak et al. 1988, die einen auffälligen Test nach Lasègue als positiven Prädiktor für das postoperative Outcome deklariert, konnte anhand der vorliegenden Daten diesbezüglich keine Relevanz nachgewiesen werden.

Chronischer Rückenschmerz

Für Patienten mit einem anamnestisch länger bestehendem chronischen Rückenschmerz als Hinweis auf eine progrediente Wirbelsäulendegeneration zeigte sich eine geringere Einschränkung des Kraftgrades ($p \leq 0,05$), eine häufiger vorliegende Komorbidität ($p \leq 0,01$) und erwartungsgemäß eine längere Zeit mit Beschwerden ($p \leq 0,01$). Neben einem auch postoperativ angegebenen Rückenschmerz konnte kein Nachteil dieser Patientengruppe ($n=85$) bezüglich der Rückbildung sensomotorischer Defizite oder eine erhöhte Revisionsrate gefunden werden. Obwohl chronischer Schmerz als multifaktoriell bedingtes Konstrukt eine erweiterte Diagnostik vor dem biopsychosozialen Hintergrund erfordert und sich oft einer wirksamen Therapie entzieht (Hasenbring et al. 1994, Den Boer et al. 2006), konnte in dieser Analyse kein negativer Einfluss auf das Outcome nach mikrochirurgischer Operation dokumentiert werden. Dies galt natürlich unter der Voraussetzung, dass bei Patienten mit chronischem Rückenschmerz nicht die Schmerzsymptomatik, sondern der Ausfall motorischer und sensibler Funktionen zur Operationsindikation führte.

Apparative Untersuchungen

Nachdem alle Patienten als apparative Untersuchung präoperativ eine Kernspintomographie beziehungsweise Computertomographie erhalten hatten, wurde bei 42% (n=206) der Patienten eine zusätzliche elektrophysiologische Diagnostik mit dem Ziel der Objektivierung und Ergänzung der bisher erhaltenen Ergebnisse durchgeführt. Die Rekrutierung der Patienten erfolgte zu einem kleinen Teil bei schweren Paresen mit geringem Kraftgrad, um neben der betroffenen Nervenwurzel auch deren akute oder chronische Schädigung nachweisen zu können. Daher können die elektrophysiologischen Ergebnisse nicht auf das gesamte Patientengut übertragen werden und bilden nur einen Teil des pathologischen Spektrums ab. Dennoch kann für die Anzahl der untersuchten Patienten eine Schlussfolgerung für deren postoperative Prognose gezogen werden. Diese Patientengruppe zeigte somit ein erhöhtes Risiko für die Notwendigkeit der Implantation einer Spondylodese im weiteren Verlauf ($p \leq 0,05$). Aus der Elektromyographie ergab sich, dass nur ein kleiner Teil der untersuchten Patienten (11,7%; n=17) tatsächlich aktive Denervierungszeichen aufwies, was in einer signifikant besseren Regredienz der Lumboischialgie bei Entlassung ($p \leq 0,05$) und einer mit 50% erfolgreicherer Rückbildung eben dieser Zeichen in postoperativen elektrophysiologischen Untersuchungen resultierte. Eine erst seit kurzem komprimierte Nervenwurzel erholt sich hinsichtlich der Schmerzsymptomatik somit schneller als eine Nervenwurzel mit chronischer Läsion. Des Weiteren wurden Patienten mit hoch- und mittelgradigen Denervierungszeichen signifikant häufiger notfallmäßig operiert. Dies weist darauf hin, dass zwar nicht der Entscheid zu einer operativen Intervention, wohl aber deren Dringlichkeit durch elektrophysiologische Ergebnisse mitbestimmt wird. Im Gegensatz dazu zeigten chronische Denervierungszeichen ein nur mäßiges Rückbildungspotential im weiteren postoperativen Verlauf, da das Regenerationspotenzial einer seit langem geschädigten Wurzel stark eingeschränkt ist. Dies kann sowohl auf die sensorischen Nervenfasern und der damit einhergehenden Rückbildung von Hypästhesien und Parästhesien als auch wie bei Krämer et al. 2005a auf die motorischen Nervenfasern mit dem Erreichen der vollen Muskelfunktion nach mikrochirurgischer Dekompression übertragen werden. Je länger Symptome präoperativ bestanden, desto wahrscheinlicher ist ein bereits irreversibler Nervenschaden und desto unwahrscheinlicher wird deren vollständige Regredienz infolge der mikrochirurgischen Operation sein. Interessant ist jedoch die Erkenntnis, dass chronische Denervierungszeichen nach der Beseitigung der Kompression überhaupt eine Heilungstendenz zeigen. Die Irreversibilität eines Nervenschadens bezieht sich demnach weniger auf die fehlende Besserung

neurologischer Defizite als vielmehr auf das unwahrscheinliche Eintreten einer Restitutio ad integrum.

Während Tullberg et al. 1993 der Elektrophysiologie im Rahmen der präoperativen Diagnostik lediglich eine Bedeutung hinsichtlich der Rechtfertigung einer ohnehin schon getroffenen Operationsindikation einräumt, konnte die vorliegende Analyse genauso wie Spanu et al. 1986, Young 1993, Krämer et al. 2005a, Hacke 2010 sowie Lee und Lee 2012 deren Nutzen für die Identifikation der betroffenen Nervenwurzel herausstellen. Darüber hinaus kann mit Hilfe elektrophysiologischer Untersuchungen eine Aussage zur Chronizität des Nervenschadens und somit eine wichtige Einschätzung des postoperativen Rückbildungspotenzials getroffen werden. Während diese Kenntnis für die Operationsindikation keine Rolle spielt, könnte die Compliance des Patienten unterstützt werden, wenn man durch grobe Abschätzung des Regenerationspotenzials eine postoperative Nichterfüllung überhöhter Erwartungen seitens des Patienten vermeiden kann.

Bedeutung der präoperativen Symptomatik hinsichtlich der Operationsindikation

Der Entscheid zu einer operativen Dekompression der eingeeengten Nervenwurzel sollte sich immer am Rückbildungspotenzial des Nervenschadens orientieren, welcher durch die Dauer und Intensität der Kompression determiniert ist. So erfordern akute schwere Paresen mit geringem Kraftgrad und massive radikuläre Schmerzen eine zeitnahe Operation, da ein irreversibler Nervenschaden droht und abgewendet werden muss. Hingegen sollte man bei schon seit Längerem paretischen oder gar atrophischen Muskeln, wenn nicht andere akute Beschwerden hinzukommen, von einer Operation absehen, da der eingetretene Nervenschaden bereits als irreversibel einzuschätzen ist und die Symptomatik durch eine Operation nicht verbessert werden könnte. Hier würde wiederum die Gefahr einer zusätzlichen unnötigen Traumatisierung der segmentalen Strukturen und der Induktion einer epiduralen Fibrosierung mit konsekutiver neuraler Einengung bestehen (Krämer et al. 2005a).

6.3 Vorgeschichte

Vor jeder Entscheidung zu einer operativen Therapie lumbaler Bandscheibenvorfälle sollte genau geprüft werden, ob eine entsprechende klinische Symptomatik noch durch konservative Maßnahmen behandelbar wäre oder ob das konservative Potenzial bereits ausgeschöpft ist. Diese Frage stellt sich bei jedem Patienten mit der Ausnahme des Vorliegens absoluter Operationsindikationen wie des Cauda-equina-Syndroms, schwerer Paresen oder unerträglicher Schmerzen. Dabei sollte eruiert werden, wie lange die

Beschwerden schon bestehen, wie lange ein konservativer Therapieversuch im Vorfeld unternommen wurde und inwiefern dieser zu einer Symptomreduktion geführt hat. In den Studien von Saal und Saal 1989, Bush et al. 1992 sowie Daffner et al. 2010 zeigte die klinische Symptomatik aufgrund lumbaler Bandscheibenvorfälle eine gute konservative Therapierbarkeit ohne die Notwendigkeit einer nachfolgenden Operation. Weber et al. 1983 und Peul et al. 2008 sowie Schoenfeld und Weiner 2010 konnten für die Operation eine schnellere Regredienz der Lumboischialgien im Vergleich zur konservativen Therapie herausstellen, wobei nach einem Jahr postoperativ keine signifikanten Unterschiede mehr feststellbar waren. Bei allen Patienten dieser Analyse zeigte sich das Repertoire konservativer Therapiemaßnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten erschöpft und der Notwendigkeit einer operativen Intervention musste letztendlich Rechnung getragen werden. Dabei hatte jeder Patient mehr oder weniger dieses Repertoire ausgeschöpft, was durch die Dokumentation der Beschwerdezeit als auch der Zeit konservativer Therapiemaßnahmen erfasst wurde.

Beschwerdezeit

In der vorliegenden Analyse konnte eine mittlere Beschwerdezeit von ein bis drei Monaten dokumentiert werden, wobei ein Großteil der Patienten (25,3%; n=124) längstens zwei Wochen unter den Symptomen litt.

Analog zu der bereits erwähnten Tatsache, dass länger bestehende Symptome durch eine Operation in nur begrenztem Maße gebessert werden können, ergaben sich für Patienten mit einer längeren Beschwerdezeit gehäuft pathologische Ergebnisse postoperativer elektrophysiologischer Untersuchungen und eine geringere Chance auf eine vollständige Schmerzregredienz zum Zeitpunkt der Entlassung. Da jedoch im weiteren postoperativen Verlauf kein Nachteil dieser Patienten bezüglich der Symptomregredienz mehr zu finden war, lässt sich auch hier die Schlussfolgerung ziehen, dass chronisch geschädigte Nervenfasern sich nach einer chirurgischen Dekompression langsamer erholen, aber dennoch ein beachtliches Regenerationspotenzial aufweisen.

Konservative Zeit

Da die Dauer der konservativen Zeit weitgehend der Häufigkeitsverteilung der Zeit mit Beschwerden entspricht, können etwaige Schlussfolgerungen bezüglich der postoperativen Regredienz der Schmerzsymptomatik übertragen werden: Je länger die konservative Zeit dauerte, desto schlechter erwies sich die Schmerzregredienz zum Zeitpunkt der Entlassung und nach sechs Monaten. Demnach können eine Beschwerdezeit als auch eine konservative Zeit über drei Monate als negativer Prädiktor

für das Outcome nach einer mikrochirurgischen Operation gesehen werden, was den Angaben von Dvorak et al. 1988, Postacchini 1996 und Vik et al. 2000 entspricht. Interessanter ist der Zusammenhang zwischen der Durchführung konservativer Therapiemaßnahmen, deren etwaigem temporären Erfolg und dem allgemeinen postoperativen Outcome.

Konservative Therapieversuche

Die Tatsache, dass ein kurzzeitiger Therapieerfolg vor allem bei Patienten mit hinreichend langer konservativer Therapiedauer zu finden war, lässt die Schlussfolgerung zu, dass konservative Maßnahmen eine gewisse Zeit durchgeführt werden sollten, um einen Therapieerfolg valide beurteilen zu können. Postacchini 1996, Vik et al. 2000 und Rothoerl et al. 2002 zeigen, dass jene Maßnahmen über einen Zeitraum von mindestens drei Wochen Anwendung finden sollten, um dieser Therapieoption eine adäquate Chance zur Beschwerdereduktion einzuräumen, wobei diese Zeit drei Monate nicht überschreiten sollte. Die von Grifka und Anders 2000 berichtete Abhängigkeit des Therapieerfolges von der Sequesterdislokation konnte durch die hier vorliegenden Daten nicht verifiziert werden. Das Ausbleiben eines konservativen Therapieerfolges über diese Zeit hinaus sollte als Therapieresistenz verstanden werden und die Operation als potenziell heilende Maßnahme nicht länger hinausgezögert werden. Im vorliegenden Patientengut konnte kein Unterschied bezüglich des postoperativen Outcomes für die Gruppen mit und ohne kurzzeitigen Therapieerfolg gefunden werden. Der Nutzen einer hinreichend lang durchgeführten konservativen Therapie mit einer eventuell eingetretenen Symptomreduktion kann somit lediglich in der Vermeidung einer Operation mit all ihren Risiken und negativen Folgeerscheinungen gesehen werden. Muss ein Patient letztendlich doch operiert werden, wie es in dieser Analyse gänzlich der Fall war, erscheint es hinsichtlich seiner postoperativen Prognose irrelevant, ob er konservative Maßnahmen durchgeführt hatte und ob diese temporäre Erfolge vorzuweisen hatten. Daher kann letztlich konstatiert werden, dass eine konservative Therapie hinreichend lange durchgeführt werden sollte, um durch adäquate Erfolge eine Operation zu vermeiden, wobei im Falle ausbleibender Besserungen spätestens nach drei Monaten eine Operation in Betracht gezogen werden sollte, damit deren postoperatives Ergebnis nicht durch einen bereits irreversiblen Nervenschaden beeinträchtigt wird.

Patienten, die sich im Rahmen konservativer Therapiemaßnahmen einer intensivierten stationären Therapie (6,1%; n=30) oder einer periradikulären Infiltrationstherapie (4,3%; n=21) unterzogen, hatten signifikant häufiger befristete Erfolge zu verzeichnen als jene Patienten, die konservative Maßnahmen im ambulanten Rahmen durchführten ($p \leq 0,05$).

Mashari et al. 2012 und Manson et al. 2013 bestätigen diesen Einfluss auf eine entsprechende klinische Symptomatik. Daher kann bei Entscheidung für eine zunächst konservative Therapie die stationäre Aufnahme des Patienten für einige Tage oder die Durchführung einer periradikulären Therapie in Ergänzung zu ambulant durchgeführten physiotherapeutischen und physikalischen Maßnahmen empfohlen werden.

Voroperationen

Im Rahmen der Anamnese ergab sich als ein wichtiger Aspekt die Frage nach Voroperationen aufgrund lumbaler Bandscheibenvorfälle. Dies lieferte als Hinweis auf eine bereits progrediente Wirbelsäulendegeneration Informationen zur Abschätzung des postoperativen Verlaufes. So hatten bereits voroperierte Patienten ein signifikant höheres Risiko für ein Postdiskektomiesyndrom ($p \leq 0,01$) und eine erhöhte Revisionsrate ($p \leq 0,05$). Eine in der Vorgeschichte klinisch bereits manifestierte Wirbelsäulendegeneration birgt erwartungsgemäß ein erhöhtes Risiko für eine erneute Manifestation dieses altersabhängigen progredienten Prozesses, wobei dieser durch das Trauma einer chirurgischen Intervention nochmals beschleunigt wird. Selbst bei nicht voroperierten Patienten kann die Primäroperation durch übermäßige Narbenbildung und Segmentlockerung zu einer erhöhten Progredienz degenerativer Wirbelsäulenveränderungen führen. Da die mikrochirurgische Dekompression nur mittelfristig die Symptome dieser meist veranlagungsbedingten Wirbelsäulenerkrankung beseitigen kann und darüber hinaus deren Progress noch begünstigt, muss bei allen Patienten, vorzugsweise bei den voroperierten, mit weiteren klinischen Manifestationen gerechnet werden. Analog zu Dvorak et al. 1988 können Voroperationen aufgrund von lumbalen Bandscheibenvorfällen daher als negativer Prädiktor für das Outcome der mikrochirurgischen Operation gesehen werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit der Durchführung dieser Rezidivoperation, besonders im Falle echter Rezidive, durch einen erfahrenen Chirurgen in Hauptverantwortung (häufiger Oberärzte, weniger Assistenzärzte), der sich in einem atypischen Situs ausreichend orientieren kann und mit dem Management daraus resultierender Komplikationen vertraut ist. So wird die Operation eines Rezidivbandscheibenvorfalles auch von Palma et al. 2008 als Eingriff erhöhten Anspruches mit gesteigerter Durotomierate, verlängerter Operationsdauer und schlechterem postoperativen Outcome identifiziert.

6.4 Befund

Lokalisation des Bandscheibenvorfalles

In dieser Analyse entsprach die Höhenlokalisierung der Bandscheibenvorfälle mit 40,8% (n=200) für das Segment LWK 4/5, 41,2% (n=202) für LWK 5/SWK 1, 13,7% (n=67) für LWK 3/4 und 4,3% (n=21) für die Segmente LWK 2/3 und LWK 1/2 den Ergebnissen anderer Autoren wie Jaschke et al. 1997, Mumenthaler und Mattle 2006, Siewert 2006 und Hacke 2010.

Da sich die kraniale Lendenwirbelsäule bezüglich der Bandscheibenvorfälle als Domäne der älteren Patienten herausstellte, konnten auch hier vermehrt degenerative Prozesse im Rahmen der bildgebenden Diagnostik und eine erhöhte Rate an Begleiterkrankungen nachgewiesen werden ($p \leq 0,01$). Aufgrund der sich daraus ergebenden speziellen anatomischen Verhältnisse im Operationssitus, die zusätzlich zu den allgemein als diffizil bekannten kranialen Bedingungen den Zugang zur diskalen Ebene und die Sequesterausräumung erschweren, konnte eine deutlich verlängerte Dauer der Eingriffe an der kranialen Lendenwirbelsäule und die Notwendigkeit der Durchführung durch einen erfahrenen Operateur dokumentiert werden ($p \leq 0,01$). Darüber hinaus konnten weitere operationsspezifische Aspekte der oberen Segmente nachgewiesen werden. Während die ausschließliche Entfernung von sequestriertem Bandscheibenmaterial an der gesamten Lendenwirbelsäule nur zu 5,7% (n=28) realisiert wurde, war der Anteil in den oberen Etagen mit bis zu 50% deutlich höher. Dies könnte einerseits mit einer altersbedingt verminderten Notwendigkeit der Diskektomie bei vermindertem Rezidivrisiko (bezogen auf echte Rezidive) und geringerer Lebenserwartung sowie andererseits mit einem generell kranial erschwerten Zugang zur diskalen Ebene erklärt werden. Denn bevor durch eine notwendige Entfernung knöcherner Strukturen in Form einer Hemilaminektomie oder durch das Ausräumen des Zwischenwirbelraumes das postoperative Risiko einer Segmentlockerung und Mikroinstabilität zusätzlich erhöht wird, sollte auf eine forcierte Diskektomie verzichtet werden, vorausgesetzt es handelt sich dabei um einen freien Sequester bei weitestgehend intaktem Anulus und hinterem Längsband. Daher gilt bei älteren und sehr jungen Patienten die bereits genannte Empfehlung (Reichel et al. 2000) für eine alleinige Sequestrektomie unter der Voraussetzung entsprechender pathoanatomischer Verhältnisse. Auch Zöllner et al. 2000 bestätigen eine erhöhte Rate an Mikroinstabilität nach durchgeführter Diskektomie. Für einen erschwerten Zugang zur diskalen Ebene der kranialen Segmente sprach auch eine dort deutlich erhöhte Rate an durchgeführten Hemilaminektomien ($p \leq 0,01$). Des Weiteren bestimmte die Höhe des Vorfalles das postoperative Outcome. Während Patienten mit kaudaler Pathologie eine

deutlich bessere Rückbildung radikulärer Schmerzen und Paresen berichteten ($p \leq 0,01$), zeigten sich deren sensible Defizite schlechter regredient als in höheren Segmenten ($p \leq 0,05$). Lurie et al. 2008 berichteten über ein generell besseres Outcome in den oberen Segmenten. Obwohl die Höhe des Bandscheibenvorfalles kein Risiko für Revisionsoperationen oder das Eintreten eines Postdiskektomiesyndroms darstellte, wurden Patienten mit kranialen Vorfällen signifikant häufiger und auch zu einem früheren Zeitpunkt nach der Operation mit einer Spondylodese versorgt ($p \leq 0,05$). Dies kann auf das in den oberen Segmenten deutlich erhöhte mittlere Alter zurückzuführen sein. Ältere Patienten sind im Prozess degenerativer Wirbelsäulenveränderungen weiter fortgeschritten und bedürfen daher auch häufiger der Implantation einer Spondylodese als Ultima Ratio der therapeutischen Möglichkeiten. Durch die enge Korrelation der Bandscheibenhöhe mit dem Alter des Patienten kann diese nicht als eigenständiger Prädiktor für das postoperative Outcome gesehen werden. Hingegen unterstellt Dewing et al. 2008 dem Segment LWK5/SWK1 bessere Ergebnisse im Vergleich zu LWK4/5.

Neben der Höhe des Bandscheibenvorfalles wurden auch Zusammenhänge bezüglich der Lokalisation innerhalb eines Segmentes in Ebenen und Zonen gefunden. Mediale Prolapslagen (1,4%; $n=7$) wurden deutlich häufiger bei Patienten mit progredienter Wirbelsäulendegeneration dokumentiert. Normalerweise verhindert das hintere Längsband, welches auf Höhe der Bandscheiben in den äußeren Faserring inseriert und diesen gerade in der medialen Zone verstärkt, ein mediales Austreten von Bandscheibengewebe. Da auch ligamentäre Strukturen degenerativen Einflüssen ausgesetzt sind, nimmt diese Barrierefunktion fortschreitend ab und ermöglicht so auch mediale Sequesterlagen, die Symptome eines Cauda-equina-Syndroms hervorrufen können. Hacke 2010 berichtet hingegen über eine Häufung medialer Bandscheibenvorfälle im mittleren Alter. Aufgrund einer erschwerten Erreichbarkeit medialer Sequester verlängerte sich die Operationsdauer in signifikantem Maße ($p \leq 0,01$). Die Präferenz des vorliegenden Patientengutes für linksseitige Sequesterlagen (53,1%; $n=260$) findet in der Analyse von Martínez Quiñones et al. 2011 Bestätigung, besitzt jedoch keinerlei klinische Relevanz. Die Dislokation des prolabierte Bandscheibengewebes erwies sich im vorliegenden Patientengut zu in 43,9% der Fälle ($n=215$) als diskal, in 36,1% ($n=177$) der Fälle als infradiskal, in 19,4% ($n=95$) der Fälle als supradiskal und in 0,6% ($n=3$) als supra- und infradiskal. So gibt auch Weyreuther et al. 2006 eine häufigere Dislokation des Sequesters nach kaudal an. Aufgrund anatomischer Verhältnisse der Lendenwirbelsäule mit unterschiedlicher Überlappung von Lamina und diskaler Ebene in den einzelnen Segmenten, gestaltete sich der Zugang zu den unteren Bandscheiben als auch bei infradiskaler Sequesterlage deutlich einfacher als zu kranial

gelegenen Etagen oder bei supradiskaler Sequesterlage. Daraus resultierte die schon erwähnte längere Operationsdauer und die Durchführung durch einen erfahrenen Chirurgen. Für Patienten, bei denen sich im postoperativen Verlauf ein Postdiskektomiesyndrom manifestierte, stellte sich eine supradiskale Lage des vorher operierten Bandscheibenvorfalles als Risiko für die Implantation einer Spondylodese im Rahmen der Therapie dieses Syndroms heraus. Dies lässt ein größeres Operationstrauma beispielsweise durch eine notwendige Hemilaminektomie bei kranialem Sequester und eine daraus resultierende Instabilität im Segment vermuten, die später nur durch eine lumbale posteriore interkorporelle Fusion behandelt werden kann.

Während sich die Mehrheit lumbaler Bandscheibenvorfälle in der medialen und paramedialen Zone befand, also eine intrakanalikuläre Lage aufwies, konnten nur zu 6,5% (n=32) laterale Sequester gefunden werden. Dabei fanden sich 3,5% (n=17) der Vorfälle mit ihrem Hauptanteil intraforaminal, 1,6% (n=8) extraforaminal und 1,4% (n=7) intra- und extraforaminal. Darüber hinaus fand sich eine Korrelation von Höhenlokalisation und zonaler Lokalisation der Sequester. Während intrakanalikuläre Vorfälle in allen Segmenten zu finden waren und die bekannte Bevorzugung der Segmente LWK 4/5 und LWK 5/SWK 1 aufwiesen, kamen intraforaminale Sequester gehäuft im Segment LWK 4/5 und extraforaminale vermehrt im Segment LWK 3/4 vor, was den Angaben von Epstein 2002 entspricht. Des Weiteren ergaben sich bezüglich der Sequesterlage spezifische Kriterien zum Patienten. Bei den selteneren extrakanalikulären Vorfällen fand sich gehäuft das männliche Geschlecht, ein höheres Alter und häufiger ein anamnestisch angegebener chronischer Rückenschmerz. Auf die Abhängigkeit des Zeichens nach Lasègue von der zonalen Lage des komprimierenden Bandscheibengewebes wurde bereits eingegangen. Ein bei extrakanalikulärer Lage des Vorfalles gehäuft pathologisches Ergebnis im Rahmen elektrophysiologischer Untersuchungen ($p \leq 0,05$) bildet das Ausmaß der Nervenwurzelkompression ab und betont die unausweichliche Lage des gereizten, nächst höheren Nerven im jeweiligen Neuroforamen. Hosten und Liebig 2007 bestätigen die Seltenheit extraforaminaler Vorfälle, setzen die lateralen Vorfälle wie Benini und Steinsiepe 1991 insgesamt jedoch mit einer Rate von 10% an, was hinsichtlich der hier gewonnenen Daten sehr hoch erscheint. Eine verlängerte Operationsdauer für die lateralen Vorfälle kann durch die Notwendigkeit eines lateralen paraspinalen Zugangsweges erklärt werden, der höhere Ansprüche an den Operateur stellt.

Die Lage des Bandscheibenvorfalles innerhalb eines Segmentes konnte somit nicht als ein Prädiktor für das postoperative Outcome oder das Rezidivrisiko identifiziert werden.

Dennoch konnte eine gewisse Protektion intraforaminaler Vorfälle vor einem Rezidiv dokumentiert werden.

6.5 Operation

Eine Vielzahl von Studien wie Kotilainen 1994, Blamoutier 2013 beschäftigt sich vergleichend mit Indikation und Ergebnis von mikrochirurgischer und endoskopischer Technik bei der Dekompression lumbaler Bandscheibenvorfälle. Die Frage der Durchführung einer makroskopischen oder mikroskopischen Operation stellt sich heute kaum mehr, da die Vorteile eines minimal invasiven Zuganges klar ersichtlich sind und die Möglichkeit einer mikrochirurgischen Operation aufgrund enormer technischer Fortschritte in allen operativen Einrichtungen gegeben ist (Andrews und Lavyne 1990, Barrios et al. 1990, Schwetlick 1998, Harrington und French 2008, Veresciagina et al. 2010).

Art des Vorgehens

Die Operation lumbaler Bandscheibenvorfälle erfolgte in dieser Analyse mehrheitlich in Form einer Nucleo- und Sequestrektomie entweder in 2 Ebenen (1,4%; n=7) oder monosegmental (92,9%; n=455). Während durch die Entfernung des Sequesters die komprimierte Nervenwurzel befreit und so die Rückbildung der Beschwerdesymptomatik angestrebt wird, dient die weitgehende Entfernung lockeren Materials des Zwischenwirbelraumes einer Rezidivprävention. In 5,7% (n=28) erfolgte lediglich eine Entfernung sequestrierter Bandscheibenanteile ohne die Manipulation am Zwischenwirbelraum. Im Laufe der Entwicklung der Bandscheibenoperation sah man zunehmend aufgrund negativer Erfahrungen von einem polysegmentalen Operieren ab. Der bei sieben Patienten durchgeführte bisegmentale Eingriff zeigte eben diese negativen Folgeerscheinungen in Form einer erhöhten Durotomierate ($p \leq 0,05$) und gehäufte lokaler Rückenschmerzen im postoperativen Verlauf ($p \leq 0,05$) aufgrund eines größeren Operationstraumas. Darüber hinaus konnten bei postoperativ nochmals revidierten Patienten die ausschließliche Durchführung vorheriger Nucleo- und Sequestrektomien bei zweifach revidierten und zu einem kleinen Anteil auch alleinige Sequestrektomien bei einmal revidierten Patienten dokumentiert werden. Die Vermutung, dass eine unvollständige Ausräumung des Bandscheibenraumes vermehrt zu Revisionsnotwendigkeit führt, bestätigte sich anhand der vorliegenden Daten somit nicht. Auch Faulhauer und Manicke 1995 sowie Thomé et al. 2005 können keine erhöhte Rezidivrate nach reiner Sequestrektomie bestätigen. Dies kann durch die klare Indikationsstellung einer Sequestrektomie bedingt sein, welche durch das Alter des Patienten als auch den Befund bestimmt ist. So erhalten, wie schon erwähnt, sehr junge und ältere Patienten bei intaktem Anulus fibrosus und Vorliegen eines freien Sequesters

oder einer Protrusion eine alleinige Ausräumung des Sequesters ohne weitere Manipulation am Bandscheibenraum.

Besonderheit der Operation

Als ein durchaus interessanter Aspekt erwies sich die Durchführung einer epiduralen Fettplastik als additive intraoperative Maßnahme bei 10,8% (n=53) der Patienten. Diese setzt sich eine verminderte postoperative Fibrosierung mit einer reduzierten erneuten Einengung nervaler Strukturen und somit eine Reduktion der Anzahl von Patienten mit Postdiskektomiesyndrom zum Ziel. Die Ausbildung einer kernspintomographisch diagnostizierten epiduralen Fibrose zeigte sich von der Durchführung einer epiduralen Fettplastik losgelöst. Darüber hinaus stand das Ausmaß einer epiduralen Narbenbildung in keinem Zusammenhang zum postoperativen klinischen Befund und Beschwerdebild, was durch Tullberg et al. 1993, Kotilainen et al. 1994, Cinotti et al. 1998 und Rönnerberg et al. 2008 bestätigt wird. Da es sich bei den Patienten mit epiduraler Fettplastik und Postdiskektomiesyndrom lediglich um eine kleine Anzahl (n=4) handelt, kann aus ihr keine valide Aussage von klinischer Relevanz sondern nur ein Hinweis für weitere Untersuchungen resultieren. Somit stellt die epidurale Fettplastik entgegen der Erwartungen keinen Prädiktor hinsichtlich des Outcomes nach mikrochirurgischer Operation dar.

Als weitere zusätzliche intraoperative Maßnahmen wurden bei 3,7% (n=18) der Patienten eine Duraplastik als notwendige Therapie einer intraoperativen Durotomie durchgeführt, welche die Operationsdauer signifikant verlängerte ($p \leq 0,01$) und eine schlechtere Regredienz der sensiblen Defizite im weiteren postoperativen Verlauf nach sich zog. Des Weiteren wiesen diese Patienten ein gleichzeitig erhöhtes Risiko für postoperative Komplikationen ($p \leq 0,05$) und für spätere Revisionseingriffe ($p \leq 0,05$) auf. Daher kann eine accidentelle intraoperative Durotomie als ein schwacher Prädiktor für das postoperative Ergebnis angesehen werden, was den Ergebnissen von Barrios et al. 1990 entspricht. Eine Erklärung hierfür könnte eine verspätete Mobilisation des Patienten mit einem erhöhten Risiko für immobilitätsassoziierte Komplikationen wie tiefe Beinvenenthrombose, Lungenembolie oder ein zusätzlicher Reiz für proliferative Prozesse im Epiduralraum infolge des Liquoraustrittes sein.

Die Operation als Elektiveingriff

Während 93,5% (n=458) der Patienten nach entsprechender Diagnostik und Aufklärung am Folgetag der stationären Vorstellung operiert wurden, mussten sich 5,7% (n=28) der Patienten aufgrund der Schwere des klinischen Befundes einer Notfalloperation

unterziehen. Bei diesen Patienten fand sich im postoperativen Verlauf eine höhere ambulante Wiedervorstellungsrate nach sechs Wochen und drei Monaten ($p \leq 0,01$), eine schlechtere Regredienz von Hypästhesien und Paresen nach sechs Wochen ($p \leq 0,01$) als auch eine schlechtere Narbenheilung nach sechs Wochen und drei Monaten ($p \leq 0,01$). In der vorliegenden Analyse konnte eine ausgeprägte klinische Symptomatik mit starken Schmerzen und deutlichen Paresen bereits als positiver Prädiktor für das postoperative Outcome identifiziert werden, da eine deutliche, erst seit kurzem bestehende Nervenläsion die bessere Chance auf eine wahrnehmbare Heilung zeigt als chronische Beschwerden oder solche, die aufgrund ihrer geringen fluktuierenden Ausprägung eine Besserung lediglich im Falle einer vollständigen Rückbildung anzeigen. Sind die Symptome jedoch so massiv, dass eine Dekompression sofort vorgenommen werden muss, kann der eingetretene Nervenschaden in diesem Fall nicht aufgrund der Chronizität sondern aufgrund der Intensität der Nervenkompression bereits irreversibel sein. Dabei muss betont werden, dass die unzureichenden postoperativen Ergebnisse längstens drei Monate nach der Operation dokumentiert werden konnten und sich im weiteren Verlauf als unauffällig darstellten. Dies ist wieder ein Hinweis auf ein durchaus vorhandenes Heilungspotenzial ehemals stark lädierter Nervenwurzeln, wenngleich diesen Symptomen eine längere Rekonvaleszenz eingeräumt werden muss. Da bei der Bewertung eines Faktors hinsichtlich des postoperativen Outcomes stets der mittel- und langfristige Erfolg mikrochirurgischer Eingriffe evaluiert werden sollte, kann der Faktor Notfalloperation nicht als negativer Prädiktor deklariert werden.

Operationsdauer

Die Operationsdauer, die sich bereits als personengebundenen Charakteristikum erwiesen hatte, zeigte einen Zusammenhang zum postoperativen Ergebnis, aus dem jedoch kein valider Vorhersagewert resultiert. So war eine kurze Operationszeit mit einer besseren Regredienz der Hypästhesie nach sechs Monaten ($p \leq 0,05$) sowie einer weniger auffälligen Narbenbildung ($p \leq 0,05$) assoziiert.

Operateur

Wie bereits aufgeführt, sind den Operateuren gewisse Spezifika zuzuordnen, welche jedoch zu inhomogen sind, als dass sie einen aussagekräftigen Prädiktor darstellen könnten. Aus der eindeutigen Korrelation von Operateur und Dauer der Operation ($p \leq 0,01$) kann die Feststellung abgeleitet werden, dass die Operationsdauer einer mikrochirurgischen Dekompression mit dem steigendem Erfahrungsgrad des Operateurs abnimmt.

Komplikationen

Die Rate an intraoperativen Komplikationen mit 3,5% (n=17) Durotomien und einer transfusionspflichtigen Blutung deckt sich mit den Ergebnissen von Matzen et al. 2000 und Eckardt 2011. Die Rate an postoperativen Komplikationen fügte sich mit 3,1% (n=15) ebenfalls in den Kontext der gegenwärtigen Studienlage (Kotilainen et al. 1993). Für beide Parameter konnte keine signifikante Bedeutung bezüglich des postoperativen Ergebnisses gefunden werden. Die nachgewiesene Abhängigkeit der postoperativen Komplikationsrate von den Faktoren Alter und Komorbidität wird auch durch Rompe et al. 1992 dokumentiert. Bei Patienten mit allgemeinen und komorbiditätsbezogenen Komplikationen ergab sich eine geringere ambulante Wiedervorstellungsrate, da sie wahrscheinlich wegen der jeweiligen Erkrankung direkt anderen Fachabteilungen zugewiesen worden sind und das Bandscheibenproblem so in den Hintergrund rückte.

Hemilaminektomie

Die Notwendigkeit der Durchführung einer Hemilaminektomie ergab sich aufgrund spezifischer anatomischer Verhältnisse vor allem für diskale und supradiskale Sequesterlagen der oberen lumbalen Etagen, was durch Eckardt 2011 bestätigt wird. Dabei bestimmen vorrangig zwei Aspekte das Verhältnis von Patientenalter und Hemilaminektomie. Einerseits gründet diese Korrelation auf der Tatsache, dass im Rahmen degenerativer Prozesse die Höhe der Bandscheiben deutlich abnimmt, die Segmente der Lendenwirbelsäule folglich zusammensintern und die Überlappung der Wirbelbögen über die diskale Ebene zunimmt, womit die Notwendigkeit einer knöchernen Abtragung bis hin zur einseitigen Wegnahme des Wirbelbogens stark ansteigt. Andererseits müssen Hemilaminektomien aufgrund der bereits erwähnten vermehrten Überdeckung der Bandscheibenebene durch den nächst höheren Wirbelbogen in den oberen Segmenten altersunabhängig häufiger durchgeführt werden, eben dort, wo der Anteil älterer Patienten besonders hoch ist.

Auch die bereits erwähnte Korrelation von Hemilaminektomie und Nucleo- und Sequesterextomie ($p \leq 0,01$) scheint teilweise durch das Alter des Patienten beeinflusst und bedarf einer weiteren Klärung. Wie bereits aufgeführt, war das mittlere Alter der Patienten mit kranialer Bandscheibenpathologie signifikant höher, wo eine zusätzliche knöcherne Abtragung des Wirbelbogens ohnehin öfter notwendig ist. Tritt dann noch ein altersbedingt erschwerter Zugang zur Bandscheibe hinzu, ist die Korrelation von Alter und Hemilaminektomie evident. Die erhöhte Hemilaminektomierate bei alleiniger Sequesterentfernung kann so allein über das höhere Alter erklärt werden. Man könnte darüber hinaus auch die Vermutung anbringen, dass trotz knöcherner Abtragung bis hin

zur halbseitigen Wegnahme des Wirbelbogens bei schwierigem Zugang zur Bandscheibenebene eine weitere Traumatisierung des ventralen Epiduralraumes gemieden und eine alleinige Ausräumung sequestrierter Bandscheibenanteile ohne Manipulation an der Bandscheibe favorisiert wird.

Die Durchführung einer solchen Hemilaminektomie kann dabei Hinweis auf spezielle anatomische Verhältnisse im entsprechenden Segment geben als auch einen prognostischen Faktor bezüglich des individuellen postoperativen Verlaufes darstellen. Im vorliegenden Patientengut musste in 7,6% (n=37) der Fälle eine Hemilaminektomie durchgeführt werden. Dabei wurde bei einem Patienten (2,8%) der Wirbelbogen von LWK 2 entfernt, zu 16,2% (n=6) auf Höhe LWK 3, zu 43,2% (n=16) auf Höhe LWK 4 und zu 37,8% (n=14) auf Höhe LWK 5. Diese Häufigkeitsverteilung beruht vorwiegend auf der allgemeinen Inzidenz der Bandscheibenvorfälle der lumbalen Wirbelsäule. Betrachtet man hingegen, wie in der Abbildung 18 dargestellt, den Anteil von Hemilaminektomien in den jeweiligen Segmenten, ergibt sich eine signifikante Korrelation ($p \leq 0,01$).

Bezüglich des postoperativen Ergebnisses konnte für Patienten, bei denen eine Hemilaminektomie durchgeführt werden musste, eine deutlich längere Operationszeit ($p \leq 0,01$), eine schlechtere Regredienz der Lumboischialgie ($p \leq 0,05$) zum Zeitpunkt der Entlassung und ein vermehrt pathologischer Test nach Lasègue nach einem Jahr ($p \leq 0,05$) nachgewiesen werden.

Während der Faktor Hemilaminektomie für das Eintreten ein Postdiskektomiesyndroms oder die Notwendigkeit einer Revisionsoperation im weiteren postoperativen Verlauf keine Rolle spielt und somit nur eingeschränkt als Prädiktor für das postoperative Outcome in Frage kommt, gab es doch eine interessante Koinzidenz zu beobachten. Der einzige Patient, der innerhalb des Zeitraumes der Datenerfassung dreimalig revidiert wurde, hatte im Rahmen der primären Operation eine Hemilaminektomie erhalten. Daher ergibt sich die Vermutung, dass diese Maßnahme den Progress einer Wirbelsäulendegeneration beschleunigen oder das Beschwerdebild, welches sich vor dem Hintergrund eines Postdiskektomiesyndroms ergibt, aggravieren kann.

6.6 Postoperativer Verlauf

Die Beurteilung des postoperativen Outcomes nach mikrochirurgischer Bandscheibenoperation gründet auf der Analyse der im Rahmen folgender klinischer Untersuchungen erhobenen postoperativen Symptomatik der Patienten wie Lumboischialgie, Parese, Hypästhesie, Reflexstatus, Zeichen nach Lasègue, lokaler Rückenschmerz oder Narbenbildung und der Ergebnisse gegebenenfalls durchgeführter

apparativer Untersuchungen wie Kernspintomographie, Computertomographie oder elektrophysiologischer Diagnostik. Des Weiteren stellte die klinische Manifestation eines Postdissektomiesyndroms und die Rate an postoperativ entwickelten Rezidiven ein bedeutendes Kriterium für die Evaluation des individuellen postoperativen Ergebnisses dar. Im vorangehenden Teil der Arbeit wurden bereits die Bedeutung einzelner patienten- und operationsbezogener Aspekte und deren prädiktiver Wert für das Ergebnis nach mikrochirurgischer Operation demonstriert. Während unter dieser Voraussetzung bereits zum Zeitpunkt der Entlassung eine Einschätzung des operativen Erfolges vorgenommen werden kann, ermöglicht auch die Evaluation der Symptomregredienz in den ersten Wochen nach der Operation eine Vorhersage des Langzeitergebnisses. Die allgemeine Rückbildung des gesamten Beschwerdebildes zeigt hinsichtlich aller Symptome eine deutliche Dynamik innerhalb der ersten drei Monate nach der Operation, um danach ein weitgehend stabiles Bild ohne bedeutende Veränderungen vorzuweisen. Dies hat für die Interpretation postoperativer klinischer Befunde und die Patientenkommunikation eine herausragende Bedeutung. So kann das Ergebnis der mikrochirurgischen Operation erst nach drei Monaten valide beurteilt und Patienten mit einem nicht zufriedenstellenden Ergebnis auf den Zeitfaktor der nervalen Erholung hingewiesen werden.

Patienten

Wie im vorangehenden Teil der Arbeit bereits aufgeführt wurde, zeigte die ambulante Wiedervorstellungsrate der Patienten nach lumbaler Bandscheibenoperation wie bei Quigley et al. 1998 mit zunehmender zeitlicher Entfernung von der Primäroperation eine deutliche Abnahme von zunächst von 78,6% (n=385) der Patienten nach sechs Wochen auf schließlich die Hälfte der Patienten nach einem Jahr. Dieser Informationsverlust fand bei der Durchführung entsprechender statistischer Kalkulationen Berücksichtigung. Es konnte keine signifikante Korrelation der Konsultationsrate im postoperativen Verlauf mit anderen patientenbezogenen Parametern wie dem Alter oder Geschlecht gefunden werden, wodurch eine signifikante Merkmalsverschiebung innerhalb des postoperativ vorgestellten Patientengutes und so eine Manipulation gewonnener Daten ausgeschlossen werden kann. Dies unterstreicht den Wert der Patientenorganisation bezüglich der Terminvergabe, da zu allen Zeitpunkten der ambulanten Wiedervorstellung ein entsprechender Informationsgewinn gewährleistet ist und dieser sich noch nach einem Jahr hinreichend darstellt.

Alle Symptome konnten gemäß deren Regredienz in den ersten postoperativen Wochen als Prädiktor für die weitere Entwicklung des klinischen Befundes fungieren und standen

somit richtungsweisend für ein zufriedenstellendes Ergebnis nach einem Jahr oder auch die Ausbildung von Rezidiven im Rahmen progredienter Wirbelsäulenveränderungen.

Lumboischialgie

Die postoperative Rückbildung der Lumboischialgie wurde hinsichtlich Schmerzintensität als auch veränderter Lokalisation beurteilt. Die dafür verwendete Klassifikation und deren prozentuale Verteilung innerhalb des Patientengutes wurde bereits dargestellt. Eine allgemeine Regredienz von 98,3% (n=472) zum Zeitpunkt der Entlassung ist als hervorragendes postoperatives Ergebnis zu werten und bestätigt die Ergebnisse von Ebeling et al. 1986, Kotilainen et al. 1993, Jerosch und Castro 1996 und Dewing et al. 2008, die den schnellen Erfolg der mikrochirurgischen Dekompression betonen. Auch Siewert 2006 und Henne-Bruns et al. 2007 berichten über eine Beschwerderegredienz von über 70%. Im weiteren Verlauf zeigte sich mit den Raten von 90,8% (n=347) nach sechs Wochen, 84,3% (n=205) nach drei Monaten, 81,1% (n=207) nach sechs Monaten und 79,8% (n=194) nach einem Jahr eine leichte Abnahme bei dennoch hohem Niveau. Dies kann aus einer mit der Zeit erhöhten Erwartungshaltung seitens des Patienten an seine Beschwerderegredienz resultieren, da diese Angaben allein auf subjektiven Wahrnehmungen beruhen und im Gegensatz zu muskulären Defiziten, Reflexausfällen oder dem Test nach Lasègue klinisch kaum objektivierbar sind. Dabei stellte eine gute postoperative Regredienz der Lumboischialgie zum Zeitpunkt der Entlassung erwartungsgemäß einen positiven Prädiktor für die vollständige Schmerzurückbildung nach einem Jahr dar ($p \leq 0,01$), wobei die damit einhergehende rasche Nervenwurzelregeneration in unauffälligen elektrophysiologischen Befunden nach sechs Monaten resultierte ($p \leq 0,05$) und die Schmerzregredienz somit auch das mittelfristige Heilungspotenzial ehemals komprimierter nervaler Strukturen anzeigen kann.

Motorische Defizite

Die Rückbildung motorischer Defizite wurde anhand der Kraftgrade und deren klinischer Relevanz für den Patienten evaluiert. Eine allgemeine Rückbildungsrate von 84,8% (n=229) zum Zeitpunkt der Entlassung, 88,9% (n=200) nach sechs Wochen, 88,7% (n=133) nach drei Monaten, 92,1% (n=152) nach sechs Monaten und 88,2% (n=135) nach einem Jahr kann als sehr gutes postoperatives Ergebnis angesehen werden und entspricht den Resultaten von Ebeling et al. 1986, Jerosch und Castro 1996 und Postacchini et al. 2002 und Silverplats et al. 2010.

In Analogie zu postoperativen Schmerzen erwies sich auch die Regredienz der Paresen in den ersten postoperativen Wochen als valider Prädiktor für die weitere

Regenerationsfähigkeit der Nervenwurzeln und der daraus resultierenden allgemeinen Beschwerdefreiheit. Darüber hinaus stellten unzureichend gebesserte motorische Defizite einen Risikofaktor für die Entwicklung eines Postdiskektomiesyndroms dar, weil schlecht regrediente Paresen als Zeichen einer massiven Nervenläsion auf eine progrediente segmentale Degeneration hinweisen, welche sich letztendlich klinisch in Form dieses Syndroms manifestieren kann.

Sensible Defizite

Die Bewertung der postoperativen sensiblen Defizite basierte wie die der Lumboischialgie auf subjektiver Wahrnehmung durch den Patienten bezüglich Intensität und Ausbreitung entlang der Dermatome. Da Schmerzen und Gefühlsstörungen hinsichtlich zeitlicher Ausprägung und radikulärer Ausstrahlung präoperativ stark miteinander korrelierten, fand sich auch im postoperativen Verlauf eine Analogie bezüglich deren Rückbildung. So ergab sich auch für die Hypästhesie eine ähnlich gute Rückbildungsrate von 84% (n=252) zum Zeitpunkt der Entlassung, 90,4% (n=254) nach sechs Wochen, 89,2 % (n=165) nach drei Monaten, 88,1% (n=178) nach sechs Monaten und 87% (n=167) nach einem Jahr. Ähnliche gute Ergebnisse zeigen Ebeling et al. 1986, Jerosch und Castro 1996 und Nygaard et al. 1998.

Wie bei allen anderen Symptomen zeigten auch die Hypästhesien gemäß ihrer Regredienz zum Zeitpunkt der Entlassung einen Vorhersagewert für das weitere postoperative Ergebnis bezüglich weiterer Heilungstendenz der Defizite als auch der Ausbildung eines Postdiskektomiesyndroms ($p \leq 0,01$) und dessen operativer Versorgung mittels einer Spondylodese.

Zeichen nach Lasègue

Die Durchführung des Testes nach Lasègue im Rahmen ambulanter Nachkontrollen setzte sich die Beurteilung des Reizzustandes nervaler Strukturen zum Ziel, wobei infolge einer mikrochirurgischen Dekompression eine deutliche Abnahme der Auslösbarkeit bis zu einem Winkel von 50° erwartet wurde. So zeigten präoperativ noch 50,4% (n=247) der Patienten ein positives Zeichen nach Lasègue, während sich dieser Anteil von 4,4% (n=16) nach sechs Wochen auf 3,3% (n=8) nach einem Jahr reduzierte. Gleichzeitig stieg als Ausdruck der nervalen Regeneration die Anzahl der Patienten mit negativem Test nach Lasègue im postoperativen Verlauf von 7,6% präoperativ auf 86,7% nach einem Jahr. Der geringe Abfall von 97,8% nach sechs Monaten auf 86,7% nach einem Jahr beruht nicht auf einer Verschlechterung des Befundes im Allgemeinen, sondern impliziert die Möglichkeit, dass gerade Patienten mit noch auffälligem Zeichen nach Lasègue die

ambulante Vorstellung nach sechs Monaten ausließen, um schließlich nach einem Jahr nochmals ihren auffälligen Befund zu präsentieren. Bezüglich dieser Untersuchung lässt sich demnach eine enorme Regredienz zwischen präoperativen und postoperativem Untersuchungsstatus feststellen, die im weiteren Verlauf jedoch relativ konstant bleibt. Daher kann dem Test nach Lasègue neben einer einmaligen postoperativen Erhebung keine besonders große Bedeutung als Verlaufspareter für ambulante Nachkontrollen beigemessen werden. Da der kleine Anteil an Patienten mit auffälligem postoperativen Zeichen nach Lasègue ein signifikant höheres Risiko für die Manifestation eines Postdiskektomiesyndroms mit konsekutiver Implantation einer Spondylodese aufwies ($p \leq 0,01$), kann der Test nach Lasègue diesbezüglich als Prädiktor deklariert werden.

Reflexstatus

Die Prüfung der Auslösbarkeit der Muskeleigenreflexe im Rahmen ambulanter Kontrollen diente der Evaluation des Reizzustandes und Läsionsgrades der entsprechenden Nervenwurzel, wobei auch hier ein normalisierter Reflexstatus im Vergleich zum präoperativen Befund erwartet wurde. Die Erholung der Nervenfasern wurde so durch eine Zunahme beidseits auslösbarer Reflexe von präoperativ 49,2% ($n=241$) auf 86,7% ($n=320$) nach sechs Wochen offensichtlich. Im weiteren postoperativen Verlauf unterlag der Reflexstatus nur diskreten Schwankungen, sodass dieser kaum als Verlaufspareter geeignet scheint. Er zeigte hingegen die Eignung als Prädiktor für das postoperative Outcome, da mit einem pathologischen Reflexstatus nach der Operation ein erhöhtes Risiko für ein Postdiskektomiesyndrom assoziiert war. Auch Haugen et al. 2012 bestätigen die Assoziation von reduzierter Auslösbarkeit der Muskeleigenreflexe und schlechterem postoperativem Outcome.

Lokaler Rückenschmerz

Im Rahmen ambulanter Kontrolluntersuchungen wurden die Patienten explizit nach persistierenden oder neu aufgetretenen lokalen Rückenschmerzen befragt, da präoperative Lumbalgien per se eine schlechtere operative Therapierbarkeit zeigen. Während 17,3% ($n=85$) der Patienten chronischen Rückenschmerz angaben, konnte postoperativ eine ähnliche Lumbalgierate dokumentiert werden, die auch im Verlauf keine Heilungstendenz zeigte. Bereits präoperativ bestehender chronischer Rückenschmerz als möglicher Ausdruck einer progredienten Wirbelsäulendegeneration zeigte eine Assoziation mit lokalen Rückenschmerzen im weiteren Verlauf, die wiederum signifikant häufig mit der klinischen Manifestation des Postdiskektomiesyndroms assoziiert waren. Die Beobachtung, dass chronischer Rückenschmerz nur indirekt zu häufigeren Rezidiven führte, lässt die Vermutung zu, dass in dieser Kausalkette das segmentale Trauma einer

Operation mit möglicher Induktion von Instabilität zwischengeschaltet ist und die Ausprägung eines Postdiskektomiesyndroms auf der Grundlage degenerativer Wirbelsäulenveränderungen triggert. Dabei stellt neben einem schmerzhaften Facetten- oder Iliosacralgelenk der diskogene Schmerz die Hauptursache der postoperativen Lumbalgie dar (De Palma et al. 2012).

Narbenbildung

Die Überprüfung einer regelrechten Narbenbildung war fester Bestandteil ambulanter Kontrolluntersuchungen. So zeigten nach sechs Wochen lediglich 2,7% (n=13) der Patienten eine pathologische Wundheilung, die im weiteren Verlauf nicht mehr nachgewiesen werden konnte. Für das Outcome der Operation haben diese Aspekte keinerlei Bedeutung.

Apparative Untersuchungen

Elektrophysiologische Untersuchungen waren mitunter Bestandteil ambulanter Nachkontrollen und dienten der Evaluation der Nervenregeneration. Während die Ergebnisse präoperativer Untersuchungen zu 78% (n=161) auffällig waren und den Verdacht auf einen manifesten Nervenschaden bestätigten, zeigten sich die Resultate postoperativ durchgeführter Diagnostik nach sechs Wochen zu 73,6% (n=39), nach drei Monaten zu 84,3% (n=27), nach sechs Monaten zu 89,7% (n=26) und nach einem Jahr zu 75,9% pathologisch. Dabei wurde stets nur ein kleiner Teil des Patientengutes untersucht und anhand der klinischen Symptomatik so selektiert, dass eine hohe Rate pathologischer Ergebnisse kaum überrascht. Des Weiteren konnte keine Dynamik hinsichtlich einer Besserung des eingetretenen Nervenschadens dokumentiert werden, wodurch die Eignung als valider Verlaufsparemeter ebenfalls in Frage gestellt werden dürfte. Der einzige valide Nutzen kann in der einmaligen oder höchstens zweimaligen präoperativen und postoperativen Evaluation der Nervenläsion gesehen werden, die allerdings keine Bedeutung hinsichtlich Operationsindikation und postoperativer Prognose besitzt. Lediglich die Kenntnis über einen aktiven oder chronischen Nervenschaden kann Hinweise bezüglich dessen elektrophysiologischer Entwicklung und der Regredienz radikulärer Schmerzen im weiteren Verlauf geben. Für eine prognostische Bedeutung reicht dies allerdings nicht.

6.7 Postdiskektomiesyndrom

Die lumbale mikrochirurgische Operation befreit den überwiegenden Teil der Patienten, und einen Großteil auch dauerhaft, von einer meist unerträglich gewordenen Beschwerdekongstellatation (Nowakowski et al. 2007). Mit dem Bandscheibenvorfall als

Ursache der Nervenkompression wird jedoch letztendlich nur das Symptom einer Wirbelsäulendegeneration beseitigt, deren Progredienz individualspezifisch determiniert ist und sich der Kontrolle durch medizinische Maßnahmen weitestgehend entzieht.

Ursachen des Postdiskektomiesyndroms

Aufgrund dessen gilt ein operiertes Segment nicht als geheilt, sondern lediglich kurzzeitig ruhig gestellt und in einen Zustand von Beschwerdearmut versetzt, aus dem heraus jedoch jederzeit wiederholt Symptome in Form eines erneuten Vorfalles an derselben Stelle oder in einer anderen Höhe entstehen können. Darüber hinaus kann es durch die im Epiduralraum erfolgte Manipulation zu einer veränderten Bindegewebshomöostase und der Ausbildung einer epiduralen Fibrose gekommen sein, die die zuvor befreiten Nervenstrukturen erneut einengt (Skaf et al. 2005). Eine zunehmende Einengung durch osteophytäre Knochenneubildung im Sinne einer Spinalkanalstenose oder Neuroforamenstenose kann ebenfalls zu erneuten Beschwerden führen (Burton et al. 1981).

Nicht zuletzt wird durch die Entfernung von Bandscheibenmaterial, nervalen Strukturen, Muskelinsertionen, Ligamentum flavum und gegebenenfalls des Wirbelbogens das Segment zuzüglich der angrenzenden Segmente mit einer neuen Statik und Biomechanik konfrontiert, woraus Instabilität, Gefügelockerung und Dekompensation der verbliebenen knöchernen, ligamentären und muskulären Strukturen resultieren kann, was wiederum zu einer progredienten Degeneration dieser Strukturen führt (Zöllner et al. 2000, Mariconda et al. 2010, Walid et al. 2011). Die altersbedingt physiologische Höhenabnahme des Zwischenwirbelraumes wird durch die Disketomie derart verstärkt, dass es im betroffenen Segment zu vermehrter Lordose, Verengung des Foramen intervertebrale und daraus resultierend zu einer erneuten Nervenwurzelkompression kommen kann. Alle diese Prozesse können unterschiedlicher Ätiologie sein und münden in das Postdiskektomiesyndrom, welches im vorliegenden Patientengut zu 13,3% (n=65) vertreten war. Krämer und Fett 1991 berichten über eine Rate von 10-20% unzufriedener Patienten nach einer Bandscheibenoperation, während diese bei Skaf et al. 2005 nur 5-10% und bei Matsumoto et al. 2012 11% beträgt. Während Burton et al. 1981 eine ermittelte Rate an therapeutischem Misserfolg von 10% vor allem einer fehlerhaften Indikationsstellung zuschreibt, sollte nach Erkenntnissen dieser Analyse auch dem endogenen Patientenfaktor der degenerativen Veranlagung ausreichend Beachtung geschenkt werden. So deklarieren auch Krämer und Fett 1991 neben operationsinduzierter Narbenbildung und Destabilisierung die Disposition des Patienten

als eine Ursache erneuter postoperativer Beschwerden im Rahmen des Postdiskektomiesyndroms.

Die prozentuale Verteilung der unterschiedlichen Pathologien zeigte eine deutliche Altersabhängigkeit, die letztlich auf die altersspezifische segmentale Biomechanik zurückzuführen ist. Jüngere Patienten mit einem noch mobilen Nucleus pulposus haben eine erhöhte Rate an echten Rezidiven und Mikroinstabilität während ältere Patienten mit deutlich ausgeprägter Degeneration und osteophytärer Neubildung vermehrt Spinalkanalstenosen und Osteochondrose aufwiesen. Darüber hinaus zeigten die unterschiedlichen Pathologien eine zeitlich differenzierte Ausprägung. Echte Rezidive, die nach Krämer et al. 2005a bis zu drei Monate postoperativ auftreten können, präsentierten sich auch im vorliegenden Patientengut deutlich eher als Beschwerden, die auf Mikroinstabilität oder der Entwicklung eines chronischen Schmerzsyndroms gründeten.

Während in dieser Analyse 66,2% (n=43) der Patienten ein echtes Rezidiv als Grund für dieses Syndrom aufwiesen, sind dies bei Matzen et al. 2000 36,8% und bei Häkkinen et al. 2007 75% der Patienten. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass hier nur klinisch relevante Rezidivhernien erfasst wurden und eine nicht unerhebliche Anzahl asymptomatischer Rezidive im Rahmen bildgebender Diagnostik zu erwarten gewesen wären (Lebow et al. 2011). Im Falle einer erneuten symptomatischen Nervenwurzelkompression kann mit Hilfe einer kontrastverstärkten Kernspintomographie zwischen Rezidivvorfall und epiduraler Fibrosierung unterschieden und entsprechende therapeutische Konsequenzen daraus abgeleitet werden (Hamm et al. 1993, Haughton et al. 2002).

Symptomatik des Postdiskektomiesyndroms

Das Beschwerdebild dieser Patienten prägte sich vor allem durch radikuläre als auch pseudoradikuläre Schmerzen und Gefühlsstörungen und einen positiven Test nach Lasègue, der die fibrotischen Adhäsionen zwischen Nervenwurzel und umliegenden Strukturen anzeigte. Paresen und Reflexausfällen kam in diesem Kontext weniger Bedeutung zu, was durch Krämer und Fett 1991 betätigt wird.

Zeitpunkt der Manifestation des Postdiskektomiesyndroms

Die klinische Manifestation des Postdiskektomiesyndroms erfolgte durchschnittlich drei bis sechs Monate nach der primären Operation. Dies ist mit der zeitlichen Latenz der postoperativen Organisation zugewachsener Narben und der zunehmenden Mobilisierung des Patienten zu vereinbaren. Das signifikant frühere Eintreten bei weiblichen Patienten entspricht den Ergebnissen von Krämer et al. 2005a.

Therapie des Postdiskektomiesyndroms

Die Therapie reichte von rein konservativen Maßnahmen über eine erneute Nucleo- und Sequestrektomie bis hin zur Implantation einer Spondylodese. Während symptomatische Rezidivhernien renukleotomiert werden mussten, wurden bei nachgewiesener Narbenbildung konservative Therapiemaßnahmen wie epidurale Injektionen, Facetteninfiltrationen und das Tragen von Flexionsorthesen durchgeführt, da jedes erneute Trauma diesen Prozess nur fördern würde. Das Ziel einer Spondylodese bei ausgeprägter symptomatischer Instabilität ist die Ruhigstellung der segmentalen Strukturen und der darin fest verwachsenen Nerven mit konsekutiver Vermeidung von nervaler Strangulation und Kompression. Für Maßnahmen wie lokale Kortisonapplikationen oder das intraoperative Einbringen von Gel- oder Fettlappen konnte in dieser Analyse als auch in den Untersuchungen von Ivanic et al. 2006 kein Vorteil bezüglich des postoperativen Outcomes herausgestellt werden. Die beste Prävention des Postdiskektomiesyndroms ist immer noch das Vermeiden einer Operation durch eine kritische Indikationsstellung.

Die im Rahmen dieser Analyse ermittelte Revisionsrate von 9,8% wird durch Jerosch und Castro 1996, Erbayraktar et al. 2002 und Morgan-Hough et al. 2003 mit einer Rate von 6,3%, 6,5% und 7,9% bestätigt.

Die Tatsache, dass wiederholte Nucleotomien zu einer Situation von progredienter Degeneration und Instabilität führen, wurde durch die Beobachtung bestätigt, dass der zweite Revisionseingriff stets eine Stabilisierung des Segmentes mit Hilfe einer Spondylodese vorsah, weil anscheinend eine Instabilität eine alleinige Ausräumung des Bandscheibenfaches ohne zusätzliche stabilisierende Maßnahmen nicht erlaubte. Unter dieser Destabilisierung ist keine generelle segmentale Überbeweglichkeit sondern vielmehr ein Übergang zu pathologischen Bewegungsmustern mit verstärkter segmentaler Translation infolge von Rotationsbewegungen zu sehen. Während in dieser Analyse Mikroinstabilität 9,2% der postoperativen Beschwerden verursachte, berichten auch Mascarenhas et al. 2009 über eine Rate von 12%. Halldin et al. 2005 betont den negativen Einfluss einer postoperativen segmentalen Instabilität auf das Ergebnis der mikrochirurgischen Operation und unterstreicht damit die auch in dieser Analyse ermittelte operativ induzierte Progredienz degenerativer Wirbelsäulenveränderungen.

Prädiktoren des Postdiskektomiesyndroms

Die Ausbildung eines Postdiskektomiesyndroms wurde durch eine bereits aufgeführte Vielzahl von patienten- und operationsbezogenen Variablen beeinflusst. Diese waren im

Einzelnen: aktive Denervierungszeichen im Rahmen elektrophysiologischer Untersuchungen und bildgebend nachgewiesene degenerative Wirbelsäulenveränderungen, sowie im postoperativen Verlauf eine schlechtere Regredienz der Lumboischialgie, Hypästhesie und Parese, ein auffälliges Ergebnis im Rahmen des Testes nach Lasègue, ein pathologischer Reflexstatus und die postoperative Angabe lokaler Rückenschmerzen. Da ein Prädiktor für das Revisionsrisiko im postoperativen Verlauf gleichzeitig eine zentrale Rolle im Rahmen der allgemeinen Prognose nach mikrochirurgischer Operation einnimmt, stellten sich die Variablen Alter und progrediente Wirbelsäulendegeneration in beiden Fällen als valide Prädiktoren heraus. Das Outcome bereits revidierter Patienten unterschied sich weder in dieser Analyse noch bei Dai et al. 2005 oder Ahsan et al. 2012 von dem Ergebnis erstmalig operierter Patienten hinsichtlich der postoperativen Beschwerderegredienz. Lediglich die Revisionsrate erschien unter den Patienten mit einer Rezidivoperation erhöht, da eben diese eine progrediente Wirbelsäulendegeneration mit vermehrter Operationsnotwendigkeit aufwiesen.

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Rückenbeschwerden sind eines der häufigsten Schmerzsyndrome sowie aufgrund von Arbeitsunfähigkeit und frühzeitiger Berentung ein bedeutender sozioökonomischer Faktor. Da sich als deren Ursache häufig ein Bandscheibenvorfall präsentiert, steht die Therapie des lumbalen Bandscheibenleidens seit Jahrzehnten im Mittelpunkt zahlreicher interdisziplinärer Diskussionen und ist Gegenstand einer Vielzahl internationaler Studien und Publikationen. Nachdem eine rasante Zunahme zunächst offen durchgeführter Bandscheibenoperationen zu einer erhöhten Rate nicht befriedigender Ergebnisse führte, etablierten sich fortwährend alternative Behandlungsmethoden als auch die Diskussion um die Indikationsstellung zur mikrochirurgischen Dekompression, welche die Kernthematik dieser Arbeit bildet. Da die Operation mit dem Bandscheibenvorfall nur das Symptom einer degenerativen Wirbelsäulenerkrankung beseitigt und deren Progredienz nicht verhindert, sondern sogar fördern kann, sollte die Operation nur beim geeigneten Patienten und zum angemessenen Zeitpunkt durchgeführt werden.

Die im Rahmen dieser Analyse gewonnenen Daten ermöglichen die allgemeine Einschätzung von Patienten mit lumbaler Bandscheibenoperation und deren Ergebnis. Darüber hinaus konnten Prädiktoren herausgestellt werden, welche maßgeblich das postoperative klinische Outcome beeinflussen und so in den individuellen Entscheidungsprozess für oder gegen eine Operation einfließen sollten. Als negative Prädiktoren stellten sich ein erhöhtes Alter, Komorbidität, eine Beschwerdezeit und konservative Zeit länger als drei Monate, Voroperationen, eine progrediente Wirbelsäulendegeneration sowie eine intraoperative Durotomie oder Hemilaminektomie heraus. Ein akutes ausgeprägtes Beschwerdebild hatte die beste Aussicht auf eine deutliche Rückbildung im postoperativen Verlauf, während bei ausgeprägten motorischen Defiziten die nervale Erholung deutlich mehr Zeit benötigte. Als postoperativer Parameter kann die Symptomregredienz in den ersten Wochen nach der Operation als Hinweis auf den weiteren Verlauf gesehen werden. Das beste Outcome haben demnach jüngere Patienten ohne Begleiterkrankungen oder Voroperationen, deren Symptome ausgeprägt sind und erst seit kurzem bestehen. Für patientenbezogene Variablen wie Geschlecht und chronischer Rückenschmerz konnte keine Bedeutung für das operative Ergebnis eruiert werden. Auch die Resultate präoperativer apparativer Untersuchungen können das Outcome nicht valide vorhersagen, sondern liefern lediglich einen Hinweis bezüglich der vorliegenden Nervenkompression und bekommen daher nur im Zusammenhang mit der klinischen Symptomatik eine Bedeutung für die Operationsindikation. Diese Indikationsstellung ist eine Gratwanderung, deren Ausgang ein multifaktorielles Konstrukt darstellt. Um ein langfristig gutes postoperatives Ergebnis zu erhalten, gilt es, so viele

patientenbezogene Faktoren wie möglich zu eruieren, um präoperativ für jeden Patienten ein individuelles Chancen-Risiko-Verhältnis zu erstellen, welches Nutzen und Notwendigkeit der mikrochirurgischen Dekompression evaluiert. So soll herausgestellt werden, ob ein entsprechendes Beschwerdebild eine chirurgische Intervention erzwingt und das Risiko eines Postdiskektomiesyndroms mit dem Ziel einer Vermeidung irreversibler Defizite durch zu langes Hinauszögern in Kauf genommen werden sollte oder ob eben dieses durch Verzicht auf eine operative segmentale Manipulation abgewendet werden und eine progrediente Wirbelsäulendegeneration im Rahmen konservativer Therapiemaßnahmen ihrem natürlichen Verlauf überlassen werden kann. Ausmaß und Intensität an Symptomen sollten ausgeprägt genug sein, um durch die operative Intervention überhaupt eine wahrnehmbare Besserung erlangen zu können. Sie sollten andererseits nicht derart manifest werden, dass sie aufgrund eines irreversiblen Nervenschadens nicht mehr zu beheben sind. Die im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Prädiktoren finden durch die aktuelle Studienlage Bestätigung und ermöglichen eine adäquate Positionierung des Patienten mit lumbalem Bandscheibenvorfall vor dem Hintergrund der Chance auf Symptombesserung als auch der Gefahr einer erhöhten Komplikationsrate. Trotz einer adäquaten Indikationsstellung unter Berücksichtigung individueller patientenspezifischer Bedürfnisse und Befundkonstellationen muss die mikrochirurgische Dekompression als kurzzeitig kurative Maßnahme häufig mit dem Wissen um ein erhöhtes Rezidivrisiko durchgeführt werden, da der typische Bandscheibenpatient häufig eine Disposition zu degenerativen segmentalen Veränderungen mitbringt.

Als weitere patientenbezogene Parameter könnten darüber hinaus Aspekte wie beruflicher und familiärer Status, Rentenbegehren oder Wiederaufnahme des Berufes ermittelt werden. Da die vorliegende Retrospektivanalyse diesbezüglich an ihre Grenzen stößt, könnte der biopsychosoziale Hintergrund eines Bandscheibenpatienten in Form prospektiver Studien näher beleuchtet werden.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Ahsan, K.; Najmus-Sakeb; Hossain, A.; Khan, S.I.; Awwal, M.A.: Discectomy for primary and recurrent prolapse of lumbar intervertebral discs, in: Journal of Orthopaedic Surgery, 20/1, Hong Kong 2012, S. 7-10.

Alexandre, A.: Percutaneous nucleoplasty for discoradicular conflict, Acta Neurochirurgica, 97, Wien 2005.

Ammerman, J.M.; Ammerman, M.D.; Dambrosia, J.; Ammerman, B.J.: A prospective evaluation of the role for intraoperative x-ray in lumbar discectomy. Predictors of incorrect level exposure, in: Surgical Neurology, 66/5, Washington 2006, S. 470-3.

Andersson, G.B.: Epidemiological features of chronic low-back pain, in: The Lancet Journal, 354/9178, Washington 1999, S. 581-5.

Andrews, D.W.; Lavyne, M.H.: Retrospective analysis of microsurgical and standard lumbar discectomy, in: The Spine Journal, 15/4, Philadelphia 1990, S. 329-35.

Atlas, S.J.; Keller, R.B.; Wu, Y.A.; Deyo, R.A.; Singer, D.E.: Long-term outcomes of surgical and nonsurgical management of sciatica secondary to a lumbar disc herniation. 10 year results from the maine lumbar spine study, in: The Spine Journal, 30/8, Philadelphia 2005, S. 927-35.

Aydin, Y.; Ziyal, I.M.; Duman, H.; Türkmen, C.S.; Başak, M.; Sahin, Y.: Clinical and radiological results of lumbar microdiscectomy technique with preserving of ligamentum flavum comparing to the standard microdiscectomy technique, in: Journal of Surgical Neurology, 57/1, Amsterdam 2002, S. 5-13.

Barrios, C.; Ahmed, M.; Arroategui, J.I.; Björnsson, A.: Clinical factors predicting outcome after surgery for herniated lumbar disc. An epidemiological multivariate analysis, in: Journal of Spinal Disorder, 3/3, Philadelphia 1990, S. 205-9.

Barrios, C.; Ahmed, M.; Arróategui, J.; Björnsson, A.; Gillström, P.: Microsurgery versus standard removal of the herniated lumbar disc. A 3-year comparison in 150 cases, in: Acta Orthopaedica Scandinavica, 61/5, Stockholm 1990, S. 399-403.

Benini, A.; Steinsiepe, K.F.: Lateral intra- and extraforaminal lumbar disk hernia. Clinical aspects and therapy, in: Schweizerische Medizinische Wochenschrift, 121/24, Basel 1991, S. 889-97.

Bertagnoli, R.; Kumar, S.: Indications for full prosthetic disc arthroplasty. A correlation of clinical outcome against a variety of indications, in: European Spine Journal, 11/ Suppl 2, Berlin 2002, S.131-6.

Blamoutier, A.: Surgical discectomy for lumbar disc herniation. Surgical techniques, in: Orthopaedics and Traumatology. Surgery and Research, 99/1, Paris 2013, S. 187-96.

Brinckmann, P.; Frobin, W.; Leivseth, G. (Hgg.): Orthopädische Biomechanik, Stuttgart 2000.

Bogduk, N.: Epidural steroids, in: The Spine Journal, 20/7, Philadelphia 1995, S. 845-8.

Bose, K.; Balasubramaniam, P.: Nerve root canals of the lumbar spine, in: The Spine Journal, 9/1, Philadelphia 1984, S. 16-8.

Börm, W.; Meyer, F. (Hgg.): Spinale Neurochirurgie. Operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen, Stuttgart 2008.

Bundschuh, C.V.; Modic, M.T.; Ross, J.S.; Masaryk, T.J.; Bohlman, H.: Epidural fibrosis and recurrent disk herniation in the lumbar spine. MR imaging assessment, in: American Journal of Roentgenology, 150/4, Leesburg 1988, S. 923-32.

Burton, C.V.; Kirkaldy-Willis, W.H.; Yong-Hing, K.; Heithoff, K.B.: Causes of failure of surgery on the lumbar spine, in: Clinical Orthopaedics and Related Research, 157, Heidelberg 1981, S. 191-9.

Bush, K.; Cowan, N.; Katz, D.E.; Gishen, P.: The natural history of sciatica associated with disc pathology. A prospective study with clinical and independent radiologic follow-up, in: The Spine Journal, 17/10, Philadelphia 1992, S. 1205-12.

Breitenfelder, J.; Haaker, R. (Hgg.): Der lumbale Bandscheibenvorfall, Darmstadt 2003.

Chin, K.R.; Tomlinson, D.T.; Auerbach, J.D.; Shatsky, J.B.; Deirmengian C.A.: Success of lumbar microdiscectomy in patients with modic changes and low-back pain. A prospective pilot study, in: Journal of Spinal Disorder and Techniques, 21/2, 2008, S. 139-44.

Cinotti, G.; Roysam, G.S.; Eisenstein, S.M.; Postacchini, F.: Ipsilateral recurrent lumbar disc herniation. A prospective, controlled study, in: The Journal of Bone and Joint Surgery, 80/5, London 1998, S. 825-32.

Daffner, S.D.; Hymanson, H.J.; Wang, J.C.: Cost and use of conservative management of lumbar disc herniation before surgical discectomy, in: *The Spine Journal*, 10/6, Philadelphia, S. 463-8.

Dahm, K.T.; Brurberg, K.G.; Jamtvedt, G.: Advice to rest in bed versus advice to stay active for acute low-back pain and sciatica, in: *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 6, Chichester 2010.

Dai, L.Y.; Zhou, Q.; Yao, W.F.; Shen, L.: Recurrent lumbar disc herniation after discectomy. Outcome of repeat discectomy, in: *Journal of Surgical Neurology*, 64/3, Amsterdam 2005, S. 226-31.

Dammers, R.; Koehler, P.J.: Lumbar disc herniation. Level increases with age, in: *Journal of Surgical Neurology*, 58/3-4, Amsterdam 2002, S. 209-12.

David, G.; Ciurea, A.V.; Mitrica, M.; Mohan, A.: Impact of changes in extracellular matrix in the lumbar degenerative disc, in: *Journal of medicine and life*, 4/3, New York 2005, S.269-74.

Den Boer, J.J.; Oostendorp, R.A.; Beems, T.; Munneke, M.; Oerlemans, M.; Evers A.W.: A systematic review of bio-psychosocial risk factors for an unfavourable outcome after lumbar disc surgery, in: *European Spine Journal*, 15/4, Berlin 2006, S. 527-36.

DePalma, M.J.; Ketchum, J.M.; Saullo, T.R.; Laplante, B.L.: Is the history of a surgical discectomy related to the source of chronic low back pain?, in: *Pain Physician Journal*, 15/1, Paducah 2012, S. 53-8.

Dewing, C.B.; Provencher, M.T.; Riffenburgh, R.H.; Kerr, S.; Manos, R.E.: The outcomes of lumbar microdiscectomy in a young, active population. Correlation by herniation type and level, in: *The Spine Journal*, 33/1, Philadelphia 2008, S. 33-8.

Dora, C.; Schmid, M.R.; Elfering, A.; Zanetti, M.; Hodler, J.; Boos, N.: Lumbar disk herniation. Do MR imaging findings predict recurrence after surgical discectomy?, in: *Radiology*, 235/2, Zürich 2005, S. 562-7.

Dvorak, J.; Gauchat, M.H.; Valach, L.: The outcome of surgery for lumbar disc herniation. A 4-17 years' follow-up with emphasis on somatic aspects, in: *The Spine Journal* 13/12, Philadelphia 1988, S. 1418-22.

Ebeling, U.; Reichenberg, W.; Reulen, H.-J.: Results of microsurgical lumbar discectomy, in: Acta Neurochirurgica, Wien 1986, 81/1-2, S. 45-52.

Eckardt, A.: Praxis LWS-Erkrankungen, Berlin 2011.

Epstein, N.E.: Foraminal and far lateral lumbar disc herniations. surgical alternatives and outcome measures, in: Spinal Cord Medicine, 40/10, London 2002, S. 491-500.

Erbayraktar, S.; Acar, F.; Tekinsoy, B.; Acar, U.; Güner, E.M.: Outcome analysis of reoperations after lumbar discectomies. A report of 22 patients, in: Kobe Journal of Medical Science, 48/1-2, Kobe 2002. S. 33-41.

Esene, I.N.; Meher, A.; Elzoghby, M.A.; El-Bahy, K.; Kotb, A.; El-Hakim, A.: Diagnostic performance of the medial hamstring reflex in L5 radiculopathy, in: Surgical Neurology International, 3/104, New York 2012, S. 104.

Faulhauer, K.; Manicke, C.: Fragment excision versus conventional disc removal in the microsurgical treatment of herniated lumbar disc, in: Acta Neurochirurgica, 133/3-4, Wien 1995, S. 107-11.

Glassman, S.D.; Carreon, L.Y.; Anderson, P.A.; Resnick, D.K.: A diagnostic classification for lumbar spine registry development, in: The Spine Journal, 11/12, Philadelphia 2011, S. 1108-16.

Grifka, J.; Anders, S.: Die lumbale Mikrodiskotomie. Indikation – operatives Procedere, in: Reichel, H.; Zwipp, H.; Hein, W. (Hgg.): Wirbelsäulenchirurgie. Standortbestimmung und Trends, Darmstadt 2000, S. 34-55.

Grifka, J.; Witte, H.; Faustmann, P.; Heers, G.; Broll-Zeitvogel, E.: Surgical approach in lumbar intervertebral disk displacement. Topographical principles and characteristics, in: Der Orthopäde, 28/7, Heidelberg 1999, S. 572-8.

Goodkin, R.; Laska, L.L.: Vascular and visceral injuries associated with lumbar disc surgery. medicolegal implications, in: Surgical Neurology International, 49/4, New York 1998, S. 358-70.

Goodkin, R.; Laska, L.L.: Wrong disc space level surgery. Medicolegal implications, in: Surgical Neurology International, 61/4, New York 2004, S. 323-41.

Hacke, W.: Neurologie, 13. Aufl., Heidelberg 2010.

Häkkinen, A.; Kiviranta, I.; Neva, M. H.; Kautiainen, H.; Ylinen, J.: Reoperations after first lumbar disc herniation surgery. A special interest on residives during a 5-year follow-up, in: BMC Musculoskeletal Disorders Journal, 8/2, London 2007, S. 1471-2474.

Halldin, K.; Zoëga, B.; Kärrholm, J.; Lind, B.I.; Nyberg, P.: Is increased segmental motion early after lumbar discectomy related to poor clinical outcome 5 years later?, in: International Orthopaedics, 29/4, Berlin 2005, S. 260-4.

Hamm, B.; Häring, B.; Traupe, H.; Mayer, M.: The diagnostic role of contrast medium-enhanced MR tomography in the diagnosis of the post-diskectomy syndrome. A prospective study of 109 patients, in: Rofo, 159/3, Berlin 1993, S. 269-77.

Harrington, J.F.; French, P.: Open versus minimally invasive lumbar microdiscectomy. Comparison of operative times, length of hospital stay, narcotic use and complications, in: Minimal Invasive Neurosurgery, 51/1, Stuttgart 2008, S. 30-5.

Hasenbring, M.; Marienfeld, G.; Kuhlendahl, D.; Soyka, D.: Risk factors of chronicity in lumbar disc patients. A prospective investigation of biologic, psychologic, and social predictors of therapy outcome, in: The Spine Journal 19/24, Philadelphia 1994, S. 2759-65.

Haugen, A.J.; Brox, J.I.; Grøvle, L.; Keller, A.; Natvig, B.; Soldal, D.; Grotle, M.: Prognostic factors for non-success in patients with sciatica and disc herniation, in: BMC Musculoskelet Disorder Journal, 13/183, London 2012.

Haughton, V.; Schreiber, K.; De Smet, A.: Contrast between scar and recurrent herniated disk on contrast-enhanced MR images, in: American Journal of Neuroradiology, 23/10, Madison 2002, S. 1652-6.

Hepp, W.R.; Debrunner, H.U.: Orthopädisches Diagnostikum, 7. Aufl., Stuttgart 2004.

Henne-Bruns, D.; Kremer, B.; Dürig, M.: Duale Reihe. Chirurgie, Stuttgart 2007.

Hermes, D.; Beier, P.; Gleimroth, J.: Zur chirurgischen Behandlung der Ischias vor der Etablierung der lumbalen Bandscheibenchirurgie, in: Bruch, H.-P.; Kühnel, W. (Hgg): Focus Mul. Zeitschrift für Wissenschaft, Forschung und Lehre an der Universität zu Lübeck, 24/3, Lübeck 2007, S. 152-9.

- Hochhauser, L.; Kieffer, S.A.; Cacayorin, E.D.; Petro, G.R.; Teller, W.F.: Recurrent postdiscectomy low back pain. MR-surgical correlation, in: American Journal of Roentgenology, 151/4, Leeseburg 1988, S. 755-60.
- Hosten, N.; Liebig, T.: Computertomographie von Kopf und Wirbelsäule, in: Mödler, U.(Hg.): Referenz-Reihe Radiologie, 2. Aufl., Stuttgart 2007.
- Ivanic, G.M.; Pink, P.T.; Schneider, F.; Stuecker, M.; Homann, N.C.; Preidler, K.W.: Prevention of epidural scarring after microdiscectomy A randomized clinical trial comparing gel and expanded polytetrafluoroethylene membrane, in: The European Spine Journal, 15/9, Berlin 2006, S. 1360-6.
- Iwasaki, M.; Akino, M.; Hida, K.; Yano, S.; Aoyama, T.; Saito, H.; Iwasaki, Y.: Clinical and radiographic characteristics of upper lumbar disc herniation. Ten-year microsurgical experience, in: Neurologia Medico-Chirurgica, 51/6, Tokio 2011, S. 423-6.
- Jankovic, D.: Regionalblockaden und Infiltrationstherapie. Lehrbuch und Atlas, 4. Aufl., Berlin 2008.
- Jankowitz, B.T.; Atteberry, D.S.; Gerszten, P.C.; Karausky, P.; Cheng, B.C.; Faught, R.; Welch, W.C.: Effect of fibrin glue on the prevention of persistent cerebral spinal fluid leakage after incidental durotomy during lumbar spinal surgery, in: The European Spine Journal, 18/8, Berlin 2009, S. 1169-74.
- Jansen, E.F.; Balls, A.K.: Chymopapain. A new crystalline proteinase from papaya latex, in: The Journal of Biological Chemistry, 1/337, Bethesda 2011, S. 459-60.
- Jaschke, W.; Claussen C.D.; Loose, R. (Hgg.): Lehrbuch Radiologie, Weinheim 1997.
- Jensen, M.C.; Brant-Zawadzki, M.N.; Obuchowski, N.: Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain, in: The New England Journal of Medicine, 2/331, Waltham 1994, S. 69-73.
- Jensen, O.K.; Nielsen, C.V.; Stengaard-Pedersen, K.: One-year prognosis in sick-listed low back pain patients with and without radiculopathy. Prognostic factors influencing pain and disability, in: The Spine Journal, 10/8, Philadelphia 2010, S. 659–75.
- Jerosch, J; Castro, W.H.: Long-term results in revision surgery following lumbar disk nucleotomy, in: Zeitschrift für Orthopädie und Ihre Grenzgebiete, 134/1, Stuttgart 1996, S. 89-96.

Jerosch, J.; Steinleitner, W. (Hgg.): Minimal invasive Wirbelsäulenintervention, 2. Aufl., Köln 2009.

Junghanns, H.: Die funktionelle Pathologie der Zwischenwirbelscheiben als Grundlage für klinische Betrachtungen, in: Langenbecks Archiv für Klinische Chirurgie, 267/1, Berlin 1951, S. 393-417.

Kang, S.S.; Hwang, B.M.; Son, H.J.: The dosages of corticosteroid in transforaminal epidural steroid injections for lumbar radicular pain due to a herniated disc, in: Pain Physician Journal, 14/4, Paducah 2011, S. 361–70.

Kast, E.; Antoniadis, G.; Richter, H.P.: Epidemiology of disk surgery in Germany, in: Zentralblatt für Neurochirurgie, 61/1, Stuttgart 2000, S. 22-5.

Keller, R.; Bruch, H.-P.; Trentz, O. (Hgg.): Repititorium Chirurgie, München 2007.

Kleinstueck, F. S.; Fekete, T.; Jeszenszky, D.; Mannion, A. F.; Grob, D.; Lattig, F.; Mutter, U.; Porchet, F.: The outcome of decompression surgery for lumbar herniated disc is influenced by the level of concomitant preoperative low back pain, in: The European Spine Journal, 20/7, Berlin 2011, S. 1166–73.

Klingelhöfer, J.; Rentrop, M. (Hgg.): Klinikleitfaden Neurologie, Psychiatrie, 3. Aufl., München 2003.

Kotilainen, E.; Alanen, A.; Erkinntalo, M.; Valtonen, S.; Kormanen, M.: Magnetic resonance age changes and clinical outcome after microdiscectomy or nucleotomy for ruptured disc, in: Surgical Neurology International, 41/6, New York 1994, S. 432-40.

Kotilainen, E.: Microinvasive lumbar disc surgery. A study on patients treated with microdiscectomy or percutaneous nucleotomy for disc herniation, in: Annales Chirurgiae et Gynaecologiae Supplementum, 209, Turku 1994, S.1-50.

Kotilainen, E.; Valtonen, S.; Carlson, C.A.: Microsurgical treatment of lumbar disc herniation. Follow-up of 237 patients, in: Acta Neurochirurgica, 120/3-4, Wien 1993, S. 143-9.

Krämer, J.; Fett, H.: Bandscheiben-Operation – was dann?, in: Deutsches Ärzteblatt, 88/48, Köln 1991, S. 28-9.

- Krämer, R.; Herdmann, J.; Krämer, J.: Mikrochirurgie der Wirbelsäule. Lumbaler Bandscheibenvorfall und Spinalkanalsteose: Indikation, Technik, Nachbehandlung, Stuttgart 2005a.
- Krämer, J.; Wilcke, A.; Krämer, R.: Wirbelsäule und Sport: Empfehlungen von Sportarten aus orthopädischer und sportwissenschaftlicher Sicht, Köln 2005b.
- Krämer, J.: Wirbelsäule, Thorax, in: Wirth, C.J.; Zichner, L. (Hgg.): Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Das Standardwerk für Klinik und Praxis, Stuttgart 2004.
- Lebow, R.L.; Adogwa, O.; Parker, S.L.; Sharma, A.; Cheng, J.; McGirt, M.J.: Asymptomatic same-site recurrent disc herniation after lumbar discectomy. Results of a prospective longitudinal study with 2-year serial imaging, in: The Spine Journal, 36/25, Philadelphia 2011, S. 2147-51.
- Lee, J.H.; Lee, S.H.: Physical examination, magnetic resonance image, and electrodiagnostic study in patients with lumbosacral disc herniation or spinal stenosis, in: Journal of Rehabilitation Medicine, 44/10, Stockholm 2012, S. 845-50.
- Long, A.; Donelson, R.; Fung, T.: Does it matter which exercise? A randomized control trial of exercise for low back pain, in: The Spine Journal, 29/23, Philadelphia 2004, S. 2593-2602.
- Love, J.G.: Protruded intervertebral discs. With a note regarding hypertrophy of ligamenta flava, in: Journal of American Medical Association, 113, Chicago 1986, S. 2029-34.
- Lurie, J.D.; Moses, R.A.; Tosteson, A.N.; Tosteson, T.D.; Carragee, E.J.; Carrino, J.A.; Kaiser, J.A.; Herzog, R.J.: Magnetic Resonance Imaging Predictors of Surgical Outcome in Patients with Lumbar Intervertebral Disc Herniation, in: The Spine Journal, Philadelphia 2013.
- Lurie, J.D.; Facett, S.C.; Hanscom, B.; Tosteson, T.D.; Ball, P.A.; Abdu, W.A.; Frymoyer, J.W.; Weinstein, J.N.: Lumbar Discectomy Outcomes Vary by Herniation Level in the Spine Patient Outcomes Research Trial, in: Journal of Bone and Joint Surgery American Edition, 90/9, Boston 2008, S. 1811-19.
- Mahato, N. K.: Morphological traits in sacra associated with complete and partial lumbarization of first sacral segment, in: The Spine Journal, 10/10, Philadelphia 2010, S. 910-5.

- Mannion, A. F.; Elfering, A.: Predictors of surgical outcome and their assessment, in: The European Spine Journal, 15/Suppl 1, Berlin 2006, S. 93-108.
- Manson, N.A.; McKeon, M.D.; Abraham, E.P.: Transforaminal epidural steroid injections prevent the need for surgery in patients with sciatica secondary to lumbar disc herniation. A retrospective case series, in: Canadian Journal of Surgery, 56/1, Oakville 2013.
- Martínez Quiñones, J.V.; Aso, J.; Consolini, F.; Arregui, R.: Long-term outcomes of lumbar microdiscectomy in a working class sample, in: Neurocirugia (Astur), 22/3, La Plata 2011, S. 235-44.
- Mariconda, M.; Galasso, O.; Attingenti, P.; Federico, G.; Milano, C.: Frequency and clinical meaning of long-term degenerative changes after lumbar discectomy visualized on imaging tests, in: The European Spine Journal, 19/1, Berlin 2010, S. 136-43.
- Mascarenhas, A.A.; Thomas, I.; Sharma, G.; Cherian, J.J.: Clinical and radiological instability following standard fenestration discectomy, in: Indian Journal of Orthopedic, 43/4, Bangalore 2009, S. 347-51.
- Mashari, A.; Minty, R.; Minty, L.; Hopman, W.M.; Kelly, L.: Epidural steroid injections for low back pain in rural practice. A 5-year retrospective study, in: Canadian Journal of Rural Medicine, 17/4, Ottawa 2012, S. 127-34.
- Mastronardi, L.; Tatta, C.: Intraoperative antibiotic prophylaxis in clean spinal surgery. A retrospective analysis in a consecutive series of 973 cases, in: Surgal Neurology, 61/2, New York 2004, S. 129-35.
- Masuda, K.; Chikuda, H.; Yasunaga, H.; Hara, N.; Horiguchi, H.; Matsuda, S.; Takeshita, K.; Kawaguchi, H.; Nakamura, K.: Factors affecting the occurrence of pulmonary embolism after spinal surgery. Data from the national administrative database in Japan, in: The Spine Journal, 12/11, Philadelphia 2012, S. 1029-34.
- Matsumoto, M.; Watanabe, K.; Hosogane, N.; Tsuji, T.; Ishii, K.; Nakamura, M.; Chiba, K.; Toyama, Y.: Recurrence of Lumbar Disc Herniation after Microendoscopic Discectomy, in: Journal of Neurological Surgery, Part A, Central European Neurosurgery, New York 2012.
- Matzen, K.A.; Latta, H.J.; Zwingenberg, M.; Ringeisen, M.: Langzeitergebnisse nach konventioneller lumbaler Diskektomie, in: Reichel, H.; Zwipp, H.; Hein, W. (Hgg.): Wirbelsäulenchirurgie. Standortbestimmung und Trends, Darmstadt 2000, S. 34-50.

- McGirt, M.J.; Ambrossi, G.L.; Datto, G.; Sciubba, D.M.; Witham, T.F.; Wolinsky, J.P.; Gokaslan, Z.L.; Bydon, A.: Recurrent disc herniation and long-term back pain after primary lumbar discectomy. Review of outcomes reported for limited versus aggressive disc removal, in: *Neurosurgery*, 64/2, Baltimore 2009, S. 338-44.
- Meisel, H.J.; Ganey, T.; Hutton, W.C.; Libera, J.; Minkus, Y.; Alasevic, O.: Clinical experience in cell-based therapeutics. Intervention and outcome, in: *The European Spine Journal*, 15/Suppl 3, Berlin 2006, S. 397-405.
- Mixter, W.J.; Barr, J.S.: Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal, in: *The New England Journal of Medicine*, 211/5, Boston 1934, S. 210-14.
- Morgan-Hough, C.V.; Jones, P.W.; Eisenstein, S.M.: Primary and revision lumbar discectomy. A 16-year review from one centre, in: *Journal of Bone and Joint Surgery*, 85/6, London 2003, S. 871-4.
- Mumenthaler, M.; Mattle, H.: *Kurzlehrbuch Neurologie*, Stuttgart 2006.
- Nicoletti, G.F.; Platania, N.; Albanese, V.: Smooth dissection of ligamentum flavum for lumbar microdiscectomy. Preliminary report of this personal technique, in: *Surgical Neurology*, 64/3, Mumbai 2005, S. 235-6.
- Niethard, F.U.; Pfeil, J.; Biberthaler, P.: *Duale Reihe. Orthopädie und Unfallchirurgie*, 6. Aufl., Stuttgart 2009.
- Nowakowski, A.; Kubaszewski, L.; Kaczmarczyk, J.: Lumbar disc herniation, in: *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*, 72/2, Warschau 2007, S. 95-7.
- Nürnberg, H.-R.; Hasse, F.-M.; Pommer, A. (Hgg.): *Klinikleitfaden Chirurgie*, 4. Auflage, München 2006.
- Nygaard, O.P.; Kloster, R.; Mellgren, S.I.: Recovery of sensory nerve fibres after surgical decompression in lumbar radiculopathy. Use of quantitative sensory testing in the exploration of different populations of nerve fibres, in: *Journal of Neurological Neurosurgery and Psychiatry*, 64/1, Auckland 1998, S. 120-3.
- Palma, L.; Carangelo, B.; Muzii, V.F.; Mariottini, A.; Zalaffi, A.; Capitani, S.: Microsurgery for recurrent lumbar disk herniation at the same level and side. Do patients fare worse? Experience with 95 consecutive cases, in: *Surgical Neurology*, 70/6, Mumbai 2008, S. 619-21.

Park, Y.K.; Kim, J.H.; Chung, H.S.: Outcome analysis of patients after ligament-sparing microdiscectomy for lumbar disc herniation, in: *Neurosurgical Focus*, 13/2, Charlottesville 2002, S. 67-73.

Patel, A.A.; Spiker, W.R.; Daubs, M.; Brodke, D.; Cannon-Albright, L.A.: Evidence for an inherited predisposition to lumbar disc disease, in: *Journal of Bone and Joint Surgery America*, 93/3, Santa Babara 2011, S. 225-9.

Peul, W.C.; van den Hout, W.B.; Brand, R.; Thomeer, R.T.; Koes, B.W.; Leiden.: Prolonged conservative care versus early surgery in patients with sciatica caused by lumbar disc herniation. Two year results of a randomised controlled trial, in: *The BMJ*, 336/7657, London 2008, S. 1355-8.

Postacchini, F.; Giannicola, G.; Cinotti, G.: Recovery of motor deficits after microdiscectomy for lumbar disc herniation, in: *Journal of Bone and Joint Surgery*, 84/7, Santa Babara 2002, S. 1040-5.

Postacchini, F.: Results of surgery compared with conservative management for lumbar disc herniations, in: *The Spine Journal*, 22/11, Philadelphia 1996, S. 1383-7.

Pulido-Rivas, P.; Sola, R.G.; Pallares-Fernández, J.M.; Pintor-Escobar, A.: Lumbar spinal surgery in elderly patients, in: *Revista de Neurologia*, 39/6, Barcelona 2004, S. 501-7.

Quigley, M.R.; Bost, J.; Maroon, J.C.; Elrifai, A.; Panahandeh, M.: Outcome after microdiscectomy. Results of a prospective single institutional study, in: *Surgical Neurology*, 49/3, Amsterdam 1998, S. 263-7.

Reichel, H.; Zwipp, H.; Hein, W. (Hgg.): *Wirbelsäulenchirurgie. Standortbestimmung und Trends*, Darmstadt 2000.

Rompe, J.D.; Eysel, P.; Zöllner, J.; Heine, J.: Intra- and postoperative risk analysis after lumbar intervertebral disk operation, in: *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*, 137/3, Stuttgart 1999, S. 201-5.

Rönnberg, K.; Lind, B.; Zoega, B.; Gadeholt-Göthlin, G.; Halldin, K.; Gellerstedt, M.; Brisby, H.: Peridural scar and its relation to clinical outcome. A randomised study on surgically treated lumbar disc herniation patients, in: *The European Spine Journal*, 17/12, Berlin 2008, S. 1714-20.

Rothoerl, R.D.; Woertgen, C.; Brawanski, A.: When should conservative treatment for lumbar disc herniation be ceased and surgery considered?, in: Neurosurgical Review, 25/3, Berlin 2002, S. 162-5.

Ruetten, S.; Komp, M.; Merk, H.; Godolias, G.: A new full-endoscopic technique for cervical posterior foraminotomy in the treatment of lateral disc herniations using 6.9-mm endoscopes. Prospective 2-year results of 87 patients, in: Minimally Invasive Neurosurgery, 50/4, Stuttgart 2007, S. 219-26.

Saal, J.A.; Saal, J.S.: Nonoperative treatment of herniated lumbar intervertebral disc with radiculopathy. An outcome study, in: The Spine Journal, 14/4, Philadelphia 1989, S. 431-7.

Schiltenswolf, M.; Hennigsen, P.: Muskuloskelettale Schmerzen. Diagnostizieren und Therapieren nach biopsychosozialem Konzept, Köln 2006.

Schirmer, M. (Hg.): Neurochirurgie, 10. Aufl., München 2005.

Schmidt, C.O.; Raspe, H.; Pfingsten, M.: Back pain in the German adult population. Prevalence, severity, and sociodemographic correlates in a multiregional survey, in: The Spine Journal, 32/18, Philadelphia 2007, S. 2005-11.

Schoenfeld, A.J.; Weiner, B.K.: Treatment of lumbar disc herniation. Evidence-based practice, in: International Journal of General Medicine, 3, Albany 2010, S. 209-14.

Schünke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U. (Hgg.): Prometheus. Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, Stuttgart 2005.

Schwetlick, G.: Microsurgery in lumbar disk operations. Possibilities, methods and results, in: Der Orthopäde, 27/7, Magdeburg 1998, S. 457-65.

Seiderer-Nack, J.; Sternfeld, A.; Christ, F. (Hgg.): Anamnese und körperliche Untersuchung, 2. Aufl., München 2008.

Siewert, J.R.: Chirurgie, 8. Aufl., Heidelberg 2006.

Silverplatt, K.; Lind, B.; Zoëga, B.; Halldin, K.; Rutberg, L.; Gellerstedt, M.; Brisby, H.: Clinical factors of importance for outcome after lumbar disc herniation surgery. Long-term follow-up, in: The European Spine Journal, 19/9, Berlin 2010, S. 1433-7.

Sizer, P.S.; Matthijs, O.; Phelps, V.: Influence of age on the development of pathology, in: Current Review of Pain, 4/5, Philadelphia 2000, S. 362-73.

Skaf, G.; Bouclaous, C.; Alaraj, A.; Chamoun, R.: Clinical outcome of surgical treatment of failed back surgery syndrome, in: Surgical Neurology, 64/6, Amsterdam 2005, S. 483-8.

Spanu, G.; Butti, G.; Introzzi, G.; Soldati, M.: Comparison of clinical examination, electromyography, myelography, computerized tomography and surgical findings in lumbar disc hernias, in: Revista de Neurologia, 56/3, Barcelona 1986, S. 174-82.

Street, J.T.; Lenehan, B.J.; DiPaola, C.P.; Boyd, M.D.; Kwon, B.K.; Paquette, S.J.; Dvorak, M.F.; Rampersaud, Y.R.; Fisher, C.G.: Morbidity and mortality of major adult spinal surgery. A prospective cohort analysis of 942 consecutive patients, in: The Spine Journal, 12/1, Philadelphia 2002, S. 22-34.

Taylor, T.K.; Melrose, J.; Burkhardt, D.; Ghosh, P.; Claes, L.E.; Kettler, A.; Wilke, H.J.: Spinal biomechanics and aging are major determinants of the proteoglycan metabolism of intervertebral disc cells, in: The Spine Journal, 25/23, Philadelphia 2000, S. 3014-20.

Theodoridis, T.; Mamarvar, R.; Krämer, J.; Wiese, M.; Teske, W.: Angle of needle position for the epidural-perineural injection at the lumbar spine, in: Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie, 147/1, Stuttgart 2009, S. 65-8.

Thomé, C.; Barth, M.; Scharf, J.; Schmiedek, P.: Outcome after lumbar sequestrectomy compared with microdiscectomy. A prospective randomized studying: Journal of Neurosurgery: Spine, 2/3, Charlottesville 2005, S. 271-8.

Tullberg, T.; Isacson, J.; Weidenhielm, L.: Does microscopic removal of lumbar disc herniation lead to better results than the standard procedure? Results of a one-year randomized study, The Spine Journal, 18/1, Philadelphia 1993, S. 24-7.

Tullberg, T.; Rydberg, J.; Isacsson, J.: Radiographic changes after lumbar discectomy. Sequential enhanced computed tomography in relation to clinical observations, in: The Spine Journal, 18/7, Philadelphia 1993, S. 843-50.

Tullberg, T.; Svanborg, E.; Isacsson, J.; Grane, P.: A preoperative and postoperative study of the accuracy and value of electrodiagnosis in patients with lumbosacral disc herniation, in: The Spine Journal, 18/7, Philadelphia 1993, S. 837-42.

Veresciagina, K.; Spakauskas, B.; Ambrozaitis, K.V.: Clinical outcomes of patients with lumbar disc herniation, selected for one-level open-discectomy and microdiscectomy, in: The European Spine Journal, 19/9, Berlin 2010, S. 1450-8.

Videman, T.; Battié, M.C.: The influence of occupation on lumbar degeneration, in: The Spine Journal, 24/11, Philadelphia 1999, S. 1164-8.

Videman, T.; Leppävuori, J.; Kaprio, J.; Battié, M.C.; Gibbons, L.E.; Peltonen, L.; Koskenvuo, M.: Intragenic polymorphisms of the vitamin D receptor gene associated with intervertebral disc degeneration, in: The Spine Journal, 23/23 Philadelphia 1998, S. 2477-85.

Vik, A.; Hulleberg, G.; Zwart, J.A.; Nygaard, O.P.: Long-term follow-up after surgery for lumbar disk herniation, in: Tidsskr Nor Laegeforen, 120/24, Oslo 2000, S. 2868-71.

Walid, M.S.; Robinson, J.S.; Abbara, M.; Tolaymat, A.; Robinson Jr, J.S.: De novo spine surgery as a predictor of additional spine surgery at the same or distant spine regions, in: German Medical Science, 9/10, Düsseldorf 2011.

Weber, H.: Lumbar disc herniation. A controlled, prospective study with ten years of observation, in: The Spine Journal, 8/2, Philadelphia 1983, S. 131-40.

Weyreuther, M.; Heyde, C.E.; Westphal, M.; Zierski, J.; Weber, U.: MRT-Atlas. Orthopädie und Neurochirurgie. Wirbelsäule, Heidelberg 2006.

Wilkins, R.H.; Rengachary, S. (Hgg.): Principles of neurosurgery, New York 1994.

Wottke, D.: Die große orthopädische Rückenschule, Heidelberg 2004.

Young, W.B.: The clinical diagnosis of lumbar radiculopathy, in: Seminars in Ultrasound CT and MR, 14/6, Philadelphia 1993, S. 385-8.

Young, J.N.; Shaffrey, C.I.; Laws Jr, E.R.; Lovell, L.R.: Lumbar disc surgery in a fixed compensation population. A model for influence of secondary gain on surgical outcome, in: Surgical Neurology, 48/6, Amsterdam 1997, S. 552-8.

Zöllner, J.; Heine, J.; Eysel, P.: Effect of enucleation on the biomechanical behavior of the lumbar motion segment, in: Zentralblatt für Neurochirurgie, 61/3, Stuttgart 2000, S. 138-42.

9 ANHANG

9.1 Danksagung

Zunächst danke ich Herrn Prof. Dr. med. R. Kalff für die freundliche Bereitstellung des Promotionsthemas sowie für die klinischen Erfahrungen und Kenntnisse, welche ich im Rahmen einer Famulatur in der Klinik für Neurochirurgie sammeln durfte.

Darüber hinaus danke ich Herrn PD Dr. med. J. Walter, der mir mit seinem Fachwissen stets zur Seite stand, für die kompetente und engagierte Betreuung meiner Promotion, die Unterstützung bei der Materialgewinnung sowie für die zahlreichen Anregungen und konstruktiven Kommentare.

Des Weiteren danke ich den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Neurochirurgie, welche durch ihre Hilfsbereitschaft bei der Bewältigung organisatorischer Angelegenheiten und bei der Datengewinnung ebenfalls einen Beitrag zum Entstehen meiner Arbeit geleistet haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Verlobten für seinen unermüdlichen Beistand und Rückhalt.

In außerordentlichem Maße danke ich meinen Eltern. Ihr uneingeschränktes Vertrauen und ihre hingebungsvolle Förderung haben meinen Lebensweg maßgebend bestimmt. Daher ist diese Dissertation meinen Eltern gewidmet.

9.2 Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Herr Prof. Dr. med. R. Kalff, Herr PD Dr. med. J. Walter,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Berlin, den 26.03.2015

Teresa Stegemann